

Міністерство освіти і науки України  
Одеській національній технологічний університет  
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

На тему: «Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця»

Здобувача: Тіщенко О.Г.

4-го курсу групи ЕН-141

Керівник: проф. Хмельнюк М.Г.

Консультант: доц. Жихарєва Н.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри №12 від 31.05.24 р.

Завідувач кафедри ХУіКП

Михайло Хмельнюк

Одеса – 2024 рік

**ОДЕСЬКІЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет: Низькотемпературної техніки та інженерної механіки  
Кафедра: Холодильних установок і кондиціонування повітря  
Ступінь вищої освіти: Бакалавр  
Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»  
Освітня програма: «Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри: д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.**

---

1 березня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

---

Тіщенко Олега Геннадійовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи  
«Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця»

Затверджена наказом ОНТУ від № 487-03 від 31.08.23р.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 31.05.24 р.

3. Вихідні дані роботи: Холодильна установка цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця

4. Перелік питань, які потрібно розробити:  
Вступ; Технологія виробництва ковбасних виробів; Вибір і розрахунок будівельно-ізоляційної конструкції камер; Визначення теплового навантаження камер; Тепловий розрахунок холодильної системи; Розрахунок повітряного конденсатора; Підбір компресорів та допоміжного устаткування, розрахунок магістральних трубопроводів; Дослідження та оптимізація холодильної системи; Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
План холодильника; Тунелі швидкого охолодження; Схема трубопроводів холодильної системи; Мультисистема. Презентація в PowerPoint.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Жихарєва Н.В.		

7. Дата видачі завдання: 01.03.2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ; Технологія виробництва ковбасних виробів;	01.03.- 15.03.2024 р.	
2	Вибір і розрахунок будівельно-ізоляційної конструкції камер; Визначення теплового навантаження камер	16.03.- 28.03.2024 р.	
3	Тепловий розрахунок холодильної системи; Розрахунок повітряного конденсатора;	01.04.- 31.04.2024 р.	
4	Підбір компресорів та допоміжного устаткування, розрахунок магістральних трубопроводів;	01.05.- 15.05.2024 р.	
5	Охорона праці.	16.05.- 30.05.2024 р.	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Тіщенко О.Г.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ проф. Хмельнюк М.Г.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Тіщенко О.Г.

## Анотація

к кваліфікаційної роботі на тему

«Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця»

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки на 76 сторінках та графічній частини на 6 аркушах.

Метою цієї роботи є розробка, дослідження та оптимальний вибір холодильного обладнання холодильної установки ковбасного цеху, з мінімальними енергетичними та фінансовими витратами та високої якості продукту. У роботі проаналізовано особливості сучасних технологій виробництва ковбаси, розроблено технологічну схему для забезпечення процесів охолодження та зберігання продукту. Розроблено та спроектовано планування підприємства, визначено теплове навантаження для споживачів холоду. Проведено теплові розрахунки та розрахунки обладнання. Підібрано основне та допоміжне обладнання. Проведено порівняльний аналіз систем охолодження ковбас після варіння та запропоновано кілька варіантів таких систем. Результати цієї роботи можуть бути використані для проектування нових або реконструкції існуючих ліній охолодження продуктів різного типу.

ANNOTATION  
TO THE QUALIFYING WORK ON A SUBJECT

" Project of a refrigeration unit for a sausage production plant with a  
capacity of 10 tons per day, located in Vinnytsia"

The qualification work consists of a 76-page explanatory note and a graphical section on 6 sheets. The aim of this work is to develop, research, and optimally select refrigeration equipment for the sausage production plant's refrigeration unit, with minimal energy and financial costs while ensuring high product quality.

The paper analyzes the features of modern sausage production technologies and develops a technological scheme to ensure the processes of cooling and storing the product. The planning of the enterprise was developed and designed, and the thermal load for the refrigeration consumers was determined. Thermal calculations and equipment calculations were conducted. Main and auxiliary equipment were selected. A comparative analysis of sausage cooling systems after cooking was performed, and several options for such systems were proposed.

The results of this work can be used for designing new or reconstructing existing cooling lines for products of various types.



## 1 Вступ

В даній роботі проведено розробку та дослідження холодильної установки ковбасного цеху. Цех орієнтовано на випуск ковбасних виробів з продуктивністю 10 тон в добу з розташуванням у м. Вінниця.

У розвитку агропромислового комплексу України важливе місце займає стабілізація та подальший розвиток м'ясної промисловості. Підприємства цієї галузі є багатопрофільними виробництвами, ефективність яких залежить від рівня технологічного оснащення, стану розвитку технологій та якості продукції. Використовуючи світовий досвід, планується вивести Україну на новий якісний рівень, що включає підвищення якості та відновлення обсягів продукції, значне розширення асортименту та поглиблення переробки сировини. Для реалізації цих планів необхідно будувати високоефективні підприємства, вдосконалювати виробничі процеси та модернізувати існуючі м'ясопереробні заводи.

Проектування є невід'ємною частиною цього процесу, основне завдання якого полягає у створенні проектів для будівництва нових підприємств, реконструкції або технічного переоснащення діючих підприємств з метою збільшення обсягів продукції, підвищення її якості, зниження витрат на виробництво та оптимального використання продуктів забою для харчових цілей. Ці цілі можуть бути досягнуті завдяки впровадженню новітніх наукових і технічних досягнень та використанню прогресивних технологічних рішень.

Більша частина продукції м'ясної промисловості реалізується у вигляді ковбасних виробів. Ефективність ковбасного виробництва залежить не тільки від технологій та технічного оснащення, але й від організації виробництва та раціонального використання сировини. Виробництво ковбасних виробів повинно відповідати технічним умовам, технологічним інструкціям та державним стандартам для кожного виду продукції. Це дозволить при проектуванні цехів та подальшій переробці м'ясної сировини витримувати

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конкуренцію на ринку, особливо при входженні країни до ринків Європи, і раціонально використовувати сировину, обладнання та трудові ресурси, що суттєво знижує собівартість продукції.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Технологія виробництва

Цех з виробництва ковбасних виробів буде спеціалізуватися на випуску варених ковбас, сосисок і сардельок. Загальна продуктивність цеху складе 10 тон варених ковбас на добу.

Ковбаса — це харчовий продукт у вигляді фаршу (зазвичай м'ясного) у довгастій оболонці, який може містити один або декілька видів м'яса. Для виготовлення варених ковбас використовується просолений фарш, який вариться при температурі близько 80 градусів. Варені ковбаси є одними з найпопулярніших у світі. Вони можуть містити велику кількість сої або бути вегетаріанськими, замість м'яса використовується соя або сейтан. Через високий вміст води варені ковбаси не зберігаються довго.

Варені ковбаси містять 10—15% білка, 20—30% жиру, а їх енергетична цінність становить 220—310 ккал на 100 грам.



рис. 2.1 – Ковбасний цех

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

### Варено-копчені ковбаси

Варено-копчені ковбаси спочатку варять, а потім піддають копченню. Вони містять більше спецій, ніж варені ковбаси. На відміну від варених ковбас, у яких фарш є однорідною масою, варено-копчені ковбаси можуть складатися з дрібних шматочків певного розміру. До складу можуть входити добавки, такі як молоко, вершки, борошно, шпик і крохмаль. Варено-копчені ковбаси містять 10—17% білка, 30—40% жирів, їх енергетична цінність становить 350—410 ккал на 100 г. Термін зберігання в холодильнику — не більше 15 діб.

### Напівкопчені ковбаси

Напівкопчені ковбаси спочатку обсмажують, потім коптять і нарешті варять. На відміну від варено-копчених ковбас, при термообробці напівкопчені ковбаси втрачають менше ваги, а копчення у них менш виражене.

### Сирокопчені ковбаси

Сирокопчені ковбаси, також відомі як твердокопчені, не піддаються високотемпературній термічній обробці. Вони проходять холодне копчення при температурі 20—25 градусів, а м'ясо піддається ферментації та зневодненню. Дозрівання сирокопчених ковбас триває не менше 30—40 діб. Вони містять найбільшу кількість спецій, можливе додавання коньяку. Сирокопчені ковбаси містять 13—28% білка, 28—57% жирів, а їх енергетична цінність складає 340—570 ккал на 100 г.

### Сиров'ялені ковбаси

Сиров'ялені ковбаси виготовляються з м'яса вищої якості шляхом тривалої сушки без копчення. У фарш додають спеції, а також мед і коньяк.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## «Докторська» ковбаса

«Докторська» ковбаса є сталою назвою м'ясного виробу, що випускався з 1936 року. Проте сьогодні оригінальна рецептура практично не використовується, а назва застосовується в основному в маркетингових цілях.

## Виробництво варених ковбас

### Характеристика сировини

Варені ковбаси виготовляють з охолодженого і розмороженого жилованого яловичого, свинячого, баранячого м'яса і субпродуктів I і II категорії. Для виробництва телячої, білоруської, любительської свинячої, діабетичної і докторської ковбас, а також шпікачок використовують лише охолоджену розібрану жиловану свинину. Телячу ковбасу рекомендується виробляти з гарячо-парного м'яса.

### Підготовка сировини

З охолодженого яловичого, свинячого і баранячого м'яса видаляють грубу сполучну тканину, лімфатичні і кровоносні судини, жир і хрящі. З яловичини I категорії виділяється шар жиру разом з м'язовою тканиною. Шпик і грудинку перед подрібненням охолоджують до температури не вище 6°C.

### Подрібнення і посол м'яса

Посолене і витримане в шматках, шроті або фарші м'ясо повторно подрібнюють на м'ясорубці через ґрати з отворами діаметром 2-3 мм, потім обробляють на кутері, додаючи лід або холодну воду, борошно та спеції. Подрібнене на кутері м'ясо змішують у фаршмішалці зі шпиком. Фарш ковбас, у рецептуру яких не входить шпик, можна готувати на кутері або машинах тонкого подрібнення.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Перемішування

Подрібнене м'ясо змішують у фаршмішалці зі шпиком, спеціями та борошном протягом 10-15 хвилин до утворення зв'язаної однорідної маси.

### Наповнення оболонки фаршем

Для наповнення оболонки використовують пневматичні, гідравлічні шприци-дозатори або механічні шприци безперервної дії (включаючи вакуумні).

### В'язка

При в'язці ковбас віджимається фарш всередину оболонки, міцно зав'язується шпагат на кінці, утворюючи петлю для навішування батона на палицю. Залежно від виду оболонки і сорту ковбаси батону надають форму кулі, циліндра, кільця або півкільця.

### Штріковка

Для видалення залишків повітря оболонку ковбас проколюють спеціальною голкою. Целофанову оболонку не штрікують.

### Навішування ковбас

Батони ковбас навішують на палиці і рами, слідкуючи, щоб вони не стикалися між собою.

### Обжарювання

Обжарювання проводять при температурі 50-120 °С протягом 60-180 хвилин залежно від діаметра батонів, виду оболонки, сорту і виду ковбас. Для рівномірного обсмажування батони ковбас підвішують в камері з інтервалом не менше 10 см.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Варіння

Обсмажені батони варять паром, у воді або в атмосфері гарячого зволоженого повітря при температурі 75-85 °С до тих пір, поки температура в центрі батона не досягне 70 °С. При варінні у воді ковбасу завантажують у воду температурою 85-90 °С. Тривалість варіння залежить від виду оболонки: для черев від 30 до 50 хвилин; для кругів і штучних оболонок діаметром 50-65 мм від 40 до 80 хвилин.

## Охолодження

Зварені ковбаси охолоджують до температури 8°С.

## Контроль якості готової продукції

Готову ковбасу температурою не нижче 0 °С і не вище 15 °С ретельно перевіряють органолептичним методом і відбраковують батони з дефектами.

## Зберігання

Охолоджені варені ковбаси зберігають в охолоджуваних приміщеннях у підвішеному стані при температурі не вище 8 °С і відносній вологості повітря 75-80% до трьох діб.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

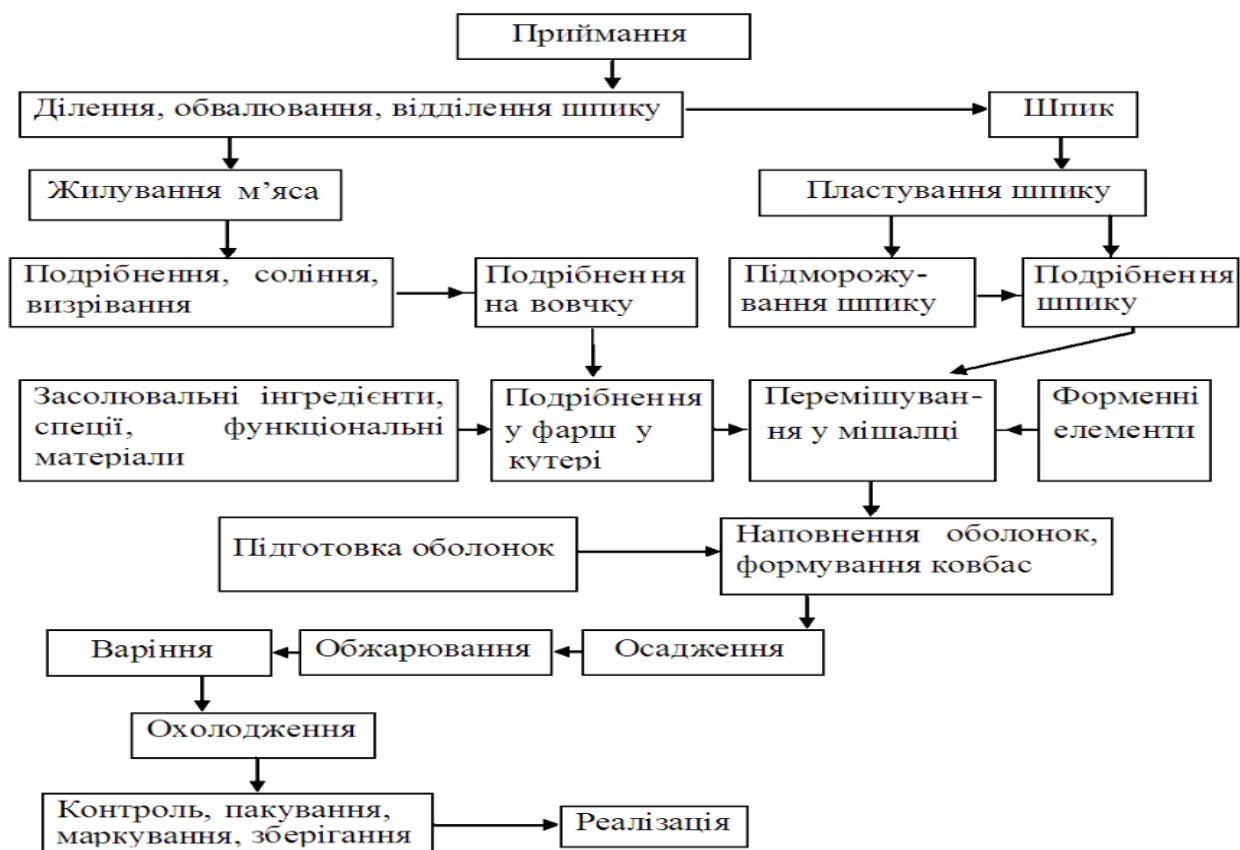


рис. 2.2 - Технологічна схема

## Схема роботи підприємства

### 1. Надходження сировини

Сировина надходить у охолоджену вигляді з рефрижераторного транспорту через експедицію в цех підготовки сировини (обробна).

### 2. Підготовка сировини

В обробному цеху м'ясо очищають від грубої сполучної тканини, лімфатичних та кровоносних судин, жиру і хрящів.

### 3. Подрібнення і посол м'яса

Підготовлене м'ясо подрібнюється на м'ясорубці та кутері, де додаються лід або холодна вода, борошно та спеції.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подрібнене м'ясо перемішують у фаршмішалці зі шпиком до утворення однорідної маси.

#### 4. Наповнення оболонки

Фарш наповнюється в оболонки за допомогою пневматичних, гідравлічних шприців-дозаторів або механічних шприців безперервної дії (включаючи вакуумні).

Оболонки наповнюють фаршем, здійснюють їх в'язку і штріковку.

#### 5. Навішування ковбас

Ковбаси навішують на рами, які рухаються по підвісних шляхах.

#### 6. Термообробка

Рами з ковбасами потрапляють у камеру термообробки, де ковбаси обсмажуються і варяться.

#### 7. Попереднє охолодження

Після термообробки ковбаси поступають у камеру душирування для попереднього охолодження водопровідною водою.

#### 8. Швидке охолодження

Потім рами з ковбасами переходять у камеру з тунелями швидкого охолодження, де температура ковбас знижується до температури зберігання.

#### 9. Зберігання

Остаточо охолоджені ковбаси поступають у камери схову, де зберігаються до трьох діб.

#### 10. Відправлення до споживача

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З камер схову продукція через експедицію завантажується на рефрижераторний транспорт і відправляється до споживача.

Виробнича потужність

Навантаження на одну раму: 200 кг ковбас.

Добова продуктивність: 50 рам з ковбасою, що складає 10 тон продукції на добу.

Ця схема забезпечує ефективний процес виробництва варених ковбас, дотримуючись всіх необхідних технологічних норм та забезпечуючи високу якість кінцевого продукту.

Холод на виробництві використовується в наступних операціях:

1. При приготування фаршу необхідно охолоджувати його від температури 20 °С до температури 6 °С. Охолодження проводимо при змішенні фаршу з лускатим льодом. Льодогенератор лускатого льоду підбираємо агрегатованого типу по необхідному навантаженню.

Теплоємність фаршу з свинини:  $C_p=2.9$  кДж/(кг·К)

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від фаршу, який готується протягом доби:

$$Q_{\text{фаршу}}=10000 \cdot 2.9 \cdot (20-6)=406000 \text{ кДж}$$

Теплота плавлення льоду:  $r_l=320$  кДж/кг

Таким чином, кількість льоду, яку необхідно здобути протягом доби складе:  $M_l=406000/320=1269$  кг

Підбираємо два льодогенератора лускатого льоду Brema Muster 600A, з продуктивністю до 650 кг на добу.

Технічні характеристики Brema Muster 600A

Продуктивність за 24 години 650 кг

Система охолодження (А = Повітря - W = Вода) А - повітря  
холодоагент R404A

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандартна напруга 220-240 В ~ 50 Hz

Споживання електроенергії 3000 Вт

Запобіжник 16 А

Витрата води А 1 - W 7,4

Габарити (Ш х Г х В) 900 х 588 х 705 мм

Розміри з упаковкою (Ш х Г х В) 965 х 655 х 880 мм

Вага (нетто / брутто) 151/166 кг

Оздоблення 18/8 нержавіюча сталь, Scotch Brite

Застосовуваний бункер Bin 350, Bin 550 V DS, RB Double Roller Bin 100, RB Double Roller Bin 500

умови монтажу

установка в приміщенні

Температура навколишнього середовища +10 / +43 °С

Температура води +3 / +32 °С

Напруга ± 10%

Тиск води на вході 1bar (14psi) / 6bar (84psi)

2. Після варива продукт з температурою усередині батонів 60-70 °С охолоджується до температури 23-24 °С зрошуванням водопровідною водою температурою 18 °С, яка розбризкується форсунками в кількості 50 л/хв на одну раму. Для варених ковбас діаметром 65 мм – 15 хвилин. Зрошування відбувається в спеціально обладнаному тунелі.

Кількість води, яка витрачається протягом доби на підприємстві:

$$G_{\text{води}} = 50 \cdot 50 \cdot 15 = 37500 \text{ л}$$

Вартість води з водопроводу складає 12 грн/м<sup>3</sup>. Таким чином за добу підприємство витрачає  $C_{\text{води}} = 37,5 \cdot 12 = 450$  грн.

3. Після зрошування продукт поступає в тунель, де охолоджується в потоці повітря до температури 8 °С. Температура повітря при доохолодженні підтримується -10÷-12 °С. Циркуляція повітря з швидкістю в межах 1-3 м/с повинна забезпечувати рівномірне обдування всіх батонів,

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які розміщено на рамах. Охолодження проводиться в спеціально обладнаному тунелі, що вміщає 3 рами, які охолоджуються двома повітроохолоджувачами. Тривалість охолодження вантажу з 23 °С до 8 °С для ковбас (65мм) складає 55 хвилин. Холодопродуктивність кожного повітроохолоджувача 20 кВт.

З урахуванням проектування роботи холодильної установки підприємства на фреоні R-404a, приймаємо для роботи в комплекті тунелів швидкого охолодження повітроохолоджувачі фірми Gunter GHN 045 при температурі кипіння хладону  $t_0 = -18$  °С з холодопродуктивністю 20 кВт, по 2 апарату на кожному тунелі. Буде встановлено два тунелі для швидкого охолодження.

Навантаження на компресора при температурі кипіння  $-17$ °С з урахуванням втрат в системі при безпосередньому охолодженні у розмірі 5 % і коефіцієнта робочого часу 0.9 [3]:

$$Q_{ок}^{-17} = 1.05 \cdot (4 \cdot 25) / 0.9 = 117 \text{ кВт}$$

Визначимо витрату електроенергії при роботі повітроохолоджувачів та компресорів тунелю швидкого охолодження.

Електрична потужність двигунів компресорів складає  $N_{ел.компр.} = 52$  кВт.

Електрична потужність двигунів вентиляторів повітроохолоджувачів складає  $N_{ел.вент.} = 6$  кВт.

Електричну потужність двигунів вентиляторів конденсаторів приймаємо 4 кВт.

У двох тунелях охолоджується 6 рам за годину, 42 рами за 7 годин. Витрати на електроенергію для компресорної холодильної установки з електроприводом можна визначити по формулі:

$$C_{ел} = \sum N_y \cdot \eta_z \cdot \eta_e \cdot \eta_{доп} \cdot T \cdot Ц_{ел} \quad (2.1)$$

де:  $\sum N_y$  – встановлена потужність холодильної установки (компресора, насоса і вентилятора градирні, ел/дв. повітроохолоджувачів)

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кВт;

$\eta_3 \cdot \eta_3 \cdot \eta_{дон}$  --коєфіцієнти завантаження електродвигуна по потужності, облік витрат електроенергії в електричних межах підприємства і витрат енергії на привід допоміжних механізмів холодильної системи;

T- річний фонд часу роботи холодильної установки на підприємстві, годин за рік ( T = 5000 .. 8000 );

$C_{ел}$  - вартість 1 кВт/год електроенергії, яка споживається на підприємстві, грн/кВт·год, приймаємо 6.8 грн./кВт·год.

Таким чином, вартість електроенергії системи охолодження тунелів за добу (7 годин роботи) складає:

$$C_{ел}=(52+6+4) \cdot 0.85 \cdot 1.05 \cdot 1.1 \cdot 7 \cdot 6.8= 2896 \text{ грн.}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

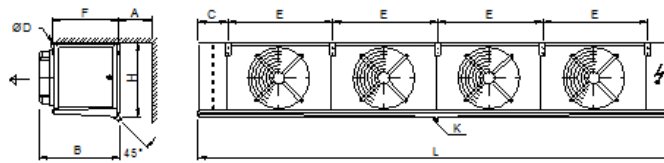


Дата: 2019-12-07  
 Запрос от:  
 Проект:  
 № предложения:  
 Позиция:  
 Контактное лицо:

Испаритель (dx) GHN 045.2H/412-ANW50.E Только для расчета!	
<b>Мощность:</b>	20.0 kW <sup>(1)</sup>
Резерв поверхности:	4.5 %
Объемн. расход возд.:	21040 m <sup>3</sup> /h
Воздух на входе:	-12.0 °C
Воздух на выходе:	-14.3 °C
Давление воздуха:	1013 mbar
<b>Хладагент:</b>	R404A <sup>(2)</sup>
Темп. испарения (точка росы):	-18.0 °C
Перегрев:	5.0 K
Темп. конденсации (точка росы):	42.0 °C
Т переохлаждения:	36.7 °C
Вентиляторы (AC):	4 Шт. 1~230V 50Hz
Технические характеристики вент. узла:	
Скор. вращ.:	1360 min-1
Мощность (мех./эл.):	0.30 kW/0.47 kW
Потребл. ток:	2.20 A <sup>(5)</sup>
ErP:	Compliant <sup>(6)</sup>
Термоконттакт:	внутренний/внешний
Уровень звукового давления:	61 dB(A) в 3.0 м <sup>(3)</sup>
Уровень звуковой мощности:	84 dB(A)
Струя воздуха:	около 19 м <sup>(4)</sup>
Иней:	2.0 mm
Общее потребл. эл. энергии:	1.96 kW
класс энергетич. эффективности:	C (2014)
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003
Трубы:	Медь <sup>(7)</sup>
Площадь пов-ти:	147.8 m <sup>2</sup>
Оребрение:	Алюминий <sup>(7)</sup>
Объем труб:	61.8 l
Потери давл. в "пауке":	0.9 bar
Шаг оребрения:	12.00 mm
Выход:	54.0 * 2.00 mm
Вес (пустой):	256 kg <sup>(8)</sup>
Вход:	28.0 mm
Макс. рабочее давление:	32.0 bar
PED classification:	Категория I, module A <sup>(9)</sup>

**Размеры:**

L = 4130 mm  
 B = 830 mm  
 H = 660 mm  
 E = 890 mm  
 F = 700 mm  
 C = 290 mm  
 A = 500 mm  
 ØD = 14 mm  
 K = G1¼



Сливной патрубок по DIN ISO 228-1 с G-резьбой (плоское уплотнение).  
 Внимание: схема и размеры распространяются не на все комплектующие!

Прайс-лист (на условиях EXW):	Шт.	Стоимость:	Всего:
Стоимость аппарата:	1	9962.00 EUR	9962.00 EUR
<b>Всего (прайс-лист без НДС, включ. упаковку) Расчет производится в отделе калькуляции</b>			
Условия поставки:			
Условия оплаты:			
Срок изготовления: 10 недель <sup>(10)</sup> (Состояние: 2017-12-20)			
Срок действия предл.:			
Действуют наши стандартные условия оплаты и поставки!			

**Important remarks / explanatory notes:**

рис. 2.3 - Повітроохолоджувачі фірми Gunter GHN 045

4. Після охолодження вироби переміщуються по підвісних шляхах до камер зберігання з температурою повітря 8 °C. У камерах використовуються підвісні повітроохолоджувачі для підтримання потрібної температури. Виходячи з максимальної тривалості зберігання продукту протягом 3 діб, максимальне завантаження камери для кожного виду продукту складе 60 рам. З урахуванням технологічних відступів, при розташуванні рам на підвісних

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шляхах 4×15 приймаємо для зберігання кожного виду продукції камери з розмірами 6×20 м.

5. Під час приймання охолодженої сировини на підприємство і завантаження продукції для відправки до споживача вантаж проходить через експедиційну камеру розміром 3×18 метрів, де підтримується температура 12 °С. Для охолодження в експедиційній камері використовуються підвісні повітроохолоджувачі.

Охолоджувальні прилади в тунелях швидкого охолодження, камерах зберігання та експедиційній камері працюватимуть за безнасосною схемою, використовуючи холодоагент 404А. Поршневі компресори, що працюють на трьох температурах (кипіння при -17 °С для тунелів швидкого охолодження, 3 °С для камер зберігання і 7 °С для експедиції), будуть підключені до загальної лінії нагнітання з загальним повітряним конденсатором і лінійним ресивером.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Будівельно-ізоляційна конструкція камер

Теплоізоляція на даному підприємстві встановлюватиметься в камерах схову вантажу і в приміщенні експедиції. З урахуванням того, що температура в експедиції  $t_k=12$  °С трохи відрізняється від робочої температури в камерах  $t_k=8$  °С, розрахунок ізоляції ведемо по нижчій температурі.

#### Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорож

Нормативні коефіцієнти теплопередачі огорож камер схову визначаємо по емпіричних залежностях [3].

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін:

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+t_k)} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (3.1)$$

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+8)} = 0.46 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі стелі без горища:

$$K_{чп} = 0.95 K_{nc} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (3.2)$$

$$K_{чп} = 0.95 \cdot 0.46 = 0.44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін і перегородок:

$$K_{вс} = 1.18 K_{nc} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (3.3)$$

$$K_{вс} = 1.18 \cdot 0.46 = 0.542 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{из} = \left[ \frac{1}{K} - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] \cdot \lambda_{из} \quad [M] \quad (3.4)$$

де  $K$  – відповідний коефіцієнт теплопередачі,  $Вт/(м^2К)$ ;

$\alpha_n, \alpha_k$  – розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі із зовнішньої і внутрішньої сторін огорожі  $Вт/(м^2К)$ ;

$\delta_i$  и  $\lambda_i$  – товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару;

$\lambda_{из}$  – розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності вибраного ізоляційного матеріалу огорожі,  $Вт/(м \cdot К)$ .

Як теплоізоляцію використовуємо матеріал ПСБ-С з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda=0.05$   $Вт/(м^2К)$  і стандартною товщиною 50;75;100 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі для зовнішніх стін.

Таблиця 3.1 – Конструкція зовнішніх стін

Найменування і матеріал шаруючи	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/(м·К)
1. Штукатурка складним розчином по металевій стінці	0.02	0.98
2. Теплоізоляція з ПСБ-С	?	0.05
3. Пароізоляція – два шару гидроізола на бітумній основі	0.004	0.3
4. Штукатурка цементно-піщана	0.02	0.93
5. Кладка цегляна на цементному розчині	0.38	0.81
6. Штукатурка складним розчином	0.02	0.93

Приймаємо для відповідних умов  $\alpha_n=23$   $Вт/(м^2К)$ , для камер з примусовою циркуляцією  $\alpha_k=9$   $Вт/(м^2К)$ ,  $k_{нс}=0.46$   $Вт/(м^2К)$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из} = (1/0.461 - (1/23 + 0.02/0.98 + 0.004/0.3 + 0.38/0.81 + 0.02/0.93 + 1/9)) \cdot 0.05 = 0.074 \text{ м, приймаємо } \delta_{из} = 0.075 \text{ м.}$$

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{нс} = 0.462 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Товщина зовнішньої стінки:  $\delta = 0.519 \text{ м}$ .

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі для стелі.

Таблиця 3.2 – Конструкція стелі

Найменування і матеріал шару	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м·К
1. 5 шарів гідроізоли на бітумній мастиці	0.012	0.3
2. Стягування з бетону по металевій сітці	0.04	1.86
3. Пароізоляція (шар пергаміну)	0.001	0.15
4. Плиткова теплоізоляція – ПСБ-С	?	0.05
5. Залізобетонна плита покриття	0.035	2.04

Приймаємо для відповідних умов  $\alpha_n = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ , для камер з примусовою циркуляцією  $\alpha_k = 9 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ ,  $k_{чп} = 0.442 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из} = (1/0.442 - (1/23 + 0.012/0.3 + 0.04/1.86 + 0.001/0.15 + 0.035/2.04 + 1/9)) \cdot 0.05 = 0.101 \text{ м, приймаємо } \delta_{из} = 0.1 \text{ м.}$$

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{чп} = 0.442 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Товщина стелі:  $\delta = 0.188 \text{ м}$ .

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі для внутрішніх стін

Таблиця 3.3 – Конструкція внутрішніх стін

Найменування і матеріал шару	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м·К
1.Залізобетона плита	0.08	1.86
2.Пароізоляція - два шару гідроізолау на бітумній основі	0.004	0.3
3. Теплоізоляційна плита ПСБ-С	?	0.05
4. Штукатурка складним розчином	0.02	0.98

Приймаємо для відповідних умов  $\alpha_n=8$  Вт/(м<sup>2</sup>К) для коридору, для камер з примусовою циркуляцією  $\alpha_k=9$  Вт/(м<sup>2</sup>К),  $k_n=0.541$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из}=(1/0.54-(1/9+0.08/1.86+0.004/0.3+0.02/0.98+1/8))\cdot 0.05=0.076 \text{ м,}$$

приймаємо  $\delta_{из}=0.075$  м.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{0д}=0.541 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К.}$$

Товщина внутрішньої стінки:  $\delta=0.203$  м.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

#### 4 Розрахунок теплового навантаження камер

Всі розрахунки навантаження проводимо за відповідною методикою [6]

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ Вт} \quad (4.1)$$

$Q_1$  – теплопритоки через огорожі;

$Q_2$  – теплопритоки від холодильної обробки вантажів;

$Q_3$  – теплопритоки, пов'язані з вентиляцією приміщень;

$Q_4$  – експлуатаційні теплопритоки;

$Q_5$  – теплопритоки від дихання охолоджених плодів.

##### 4.1 Розрахунок теплоприпливів скрізь огорожі.

Теплоприплив скрізь огорожу визначається по формулі:

$$Q_1 = kF(\Delta t + \Delta t_c), \text{ Вт}, \quad (4.2)$$

де  $k$  – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$F$  – площа огорожі, м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – різниця між зовнішньою і внутрішньою температурою;

$\Delta t_c$  – різниця температур від дії сонячного випромінювання.

$$\Delta t_c = p \cdot (q_c \cdot \varepsilon_c / \alpha_n) \quad (4.3)$$

где  $p$  – коеф. проникнення, залежить від масивності огорожі;

$q_c$  – розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду, Вт/м<sup>2</sup>;

$\varepsilon_c$  – коеф. поглинання сол. випромінювання поверхнею огорожі;

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_n$  – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні в навколишнє середовище, Вт/(м²К).

Підприємство буде розташовано в м. Вінниця. Приймаємо розрахункову літню температуру зовнішнього повітря  $t_n=32$  °С.

Відповідно до прийнятого плану холодильника сонячні теплопритоки поступають до західної стіни (камера №1) і через дах.

Підбираємо коефіцієнти:  $\epsilon=0.4$  (стіни покриті світлою штукатуркою),  $\epsilon=0.65$  (крівля покрита оцинкованим залізом),  $\rho=0.75$  (масивна конструкція), для західної стіни  $q_c=461$  Вт/м², для даху  $q_c=789$  Вт/м²,  $\alpha=23$  Вт/(м²К) [3].

Для західної стіни  $\Delta t_c=0.75 \cdot 461 \cdot 0.4 / 23 = 6$  °С

Для даху  $\Delta t_c=0.75 \cdot 789 \cdot 0.65 / 23 = 16.7$  °С

Підлога не обігрівається, тому визначення теплопритоків через ґрунт ведеться за зонами:

$$Q_{II} = (t_n - t_k) \sum_{i=1}^4 (k_{yc})_i F_i \quad [\text{Вт}] \quad (4.4)$$

де  $F_i$  – площі відповідних зон, м²;

$k_{yc}$  – коефіцієнт теплопередачі відповідної зони, Вт/(м²К);

Розрахунок ведемо для площ тих, що потрапили у відповідну зону. Для обліку компенсації збільшення щільності теплового потоку площу першої зони збільшуємо на 4 м² (один кут). Умовні коефіцієнти теплопередачі по зонах приймаємо 0.48;0.24;0.12;0.07 Вт/(м²·К) відповідно до довідкових даних.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Розрахунок підлоги по зонах

	1-я зона, F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>	2-я зона, F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>	3-я зона, F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>	4-я зона, F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>	$\sum_{i=1}^4 (k_{yc})_i F_i$ , Вт/К
Камера №1	52	42	30	0	38.64
Камера №2	12	18	24	66	17.58
Камера №3	52	42	30	0	38.64
Експедиція	44	14	0	0	24.48

Теплопритоки через підлогу, що не обігривається:

$$Q_{п1}=(32-8) \cdot 38.64= 927 \text{ Вт.}$$

$$Q_{п2}=(32-8) \cdot 17.58= 422 \text{ Вт.}$$

$$Q_{п3}=(32-8) \cdot 38.64= 927 \text{ Вт}$$

$$Q_{пe}=(32-12) \cdot 24.48=490 \text{ Вт}$$

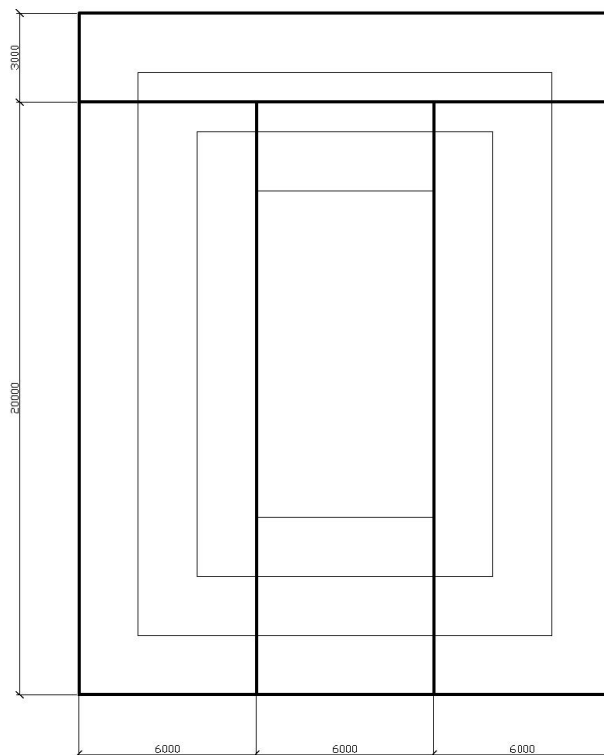


рис. 4.1 - Схема ділення за зонами камер

Таблиця 4.2 – Теплоприпливи скрізь огорожі

	K, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
Кам. №1						
Північ	0,54	24	8	12	0	52
Захід	0,46	80	8	32	6	1104
Південь	0,54	24	8	18	0	130
Схід	0,54	80	8	8	0	0
Підлога	Кусл	120	8	32	0	927
Дах	0,44	120	8	32	16,7	2149
Сумарні теплопритоки по камері №1, ΣQ1, Вт						4362
Кам. №2						
Північ	0,54	24	8	12	0	52
Захід	0,54	80	8	8	0	0
Південь	0,54	24	8	18	0	130
Схід	0,54	80	8	8	0	0
Підлога	Кусл	120	8	32	0	422
Дах	0,44	120	8	32	16,7	2149
Сумарні теплопритоки по камері №2 ΣQ1, Вт						2753
Кам. №3						
Північ	0,54	24	8	12	0	52
Захід	0,54	80	8	8	0	0
Південь	0,54	24	8	18	0	130
Схід	0,54	80	8	18	0	432
Підлога	Кусл	120	8	32	0	927
Дах	0,44	120	8	32	16,7	2149
Сумарні теплопритоки по камері №3, ΣQ1, Вт						3690
Експедиція						
Північ	0,46	72	12	32	0	662
Захід	0,46	12	12	32	6	110
Південь	0,54	72	12	8	0	0
Схід	0,54	12	12	18	0	39
Підлога	Кусл	54	12	32	0	490
Дах	0,44	54	12	32	16,7	872
Сумарні теплопритоки по експедиції, ΣQ1, Вт						2173

#### 4.2 Розрахунок теплоприпливів від вантажів при їх холодильній обробці

Вантаж надходить до камер зберігання вже охолодженим до температури зберігання 8 °C після тунелю швидкого охолодження. В експедицію вантаж надходить при цій же температурі. Таким чином, теплове навантаження від вантажу в камерах зберігання та експедиції відсутнє.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.3. Розрахунок теплоприпливів при вентиляції камери.

При вентиляції камери існують теплоприпливи від зовнішнього повітря, що поступає:

$$Q_3 = V_{\text{стр}} \cdot a \cdot \rho_k \cdot (h_n - h_k) \quad [\text{Вт}], \quad (4.8)$$

де  $V_{\text{стр}}$  – будівельний об'єм камери,  $\text{м}^3$ ,  $V_{\text{стр}} = 20 \cdot 6 \cdot 4 = 480 \text{ м}^3$ ;

$a$  – кратність повітрообміну в добу, приймаємо  $a = 3$ ;

$\rho_k$  – щільність повітря при температурі і відносній вологості камери,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\rho_k = 1.016 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$h_n, h_k$  – ентальпії повітря при температурі зовнішньою і камери,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ,  $h_n = 74 \text{ кДж}/\text{кг}$ ,  $h_k = 23 \text{ кДж}/\text{кг}$  при температурі камери,  $h_k = 30 \text{ кДж}/\text{кг}$  при температурі експедиції.

Для камер схову:

$$Q_3 = 480 \cdot 3 \cdot 1.016 \cdot (74 - 23) / (3.6 \cdot 24) = 834 \text{ Вт}$$

Для експедиції:

$$Q_3 = 216 \cdot 3 \cdot 1.016 \cdot (74 - 30) / (3.6 \cdot 24) = 112 \text{ Вт}$$

#### 4.4. Розрахунок експлуатаційних теплопритоків

$$Q_4 = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4'''' \quad [\text{Вт}], \quad (4.10)$$

де  $Q_4'$  – теплоприпливи від ел. освітлення, Вт;

$Q_4''$  – теплоприпливи від електродвигунів, Вт;

$Q_4'''$  – теплоприпливи від працюючих людей, Вт;

$Q_4''''$  – теплоприпливи при відкритті дверей, Вт.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоприплив від електричного освітлення.

$$Q_4' = q_4' \cdot j_{св} \cdot F_{стр} \quad [Вт], \quad (4.11)$$

де  $q_4'$  – норма щільності освітлення, приймаємо 3 Вт/м<sup>2</sup>;

$j_{св}$  – коефіцієнт одночасності роботи світильників, приймаємо  $j_{св}=0,33$

Для камер схову:  $Q_4' = 3 \cdot 0,33 \cdot 120 = 120$  Вт

Для експедиції:  $Q_4' = 3 \cdot 0,33 \cdot 54 = 54$  Вт

Теплоприплив від електродвигунів повітроохолоджувачів.

$$Q_4'' = j_{дв} \cdot \sum N_{дв} \quad [Вт], \quad (4.12)$$

де  $j_{дв}$  – коефіцієнт одночасності роботи, приймаємо  $j_{дв}=0,3$

$\sum N_{дв}$  – розрахункова потужність ел.дв., Вт.

Орієнтовно  $\sum N_{дв}$  можна розрахувати як:

$$\sum N_{дв} = 1,2 \cdot m \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3), \quad Вт \quad (4.13)$$

де  $m$  – коефіцієнт відношення потужності електродвигуна до його холодопродуктивності, приймаємо  $m=0,07$ .

Для камери №1:  $\sum N_{дв} = 1,2 \cdot 0,07 \cdot (4362 + 834) = 436$  Вт.

$Q_4'' = 0,3 \cdot 436 = 131$  Вт

Для камери №2:  $\sum N_{дв} = 1,2 \cdot 0,07 \cdot (2753 + 834) = 301$  Вт.

$Q_4'' = 0,3 \cdot 301 = 90$  Вт

Для камери №3:  $\sum N_{дв} = 1,2 \cdot 0,07 \cdot (3690 + 834) = 380$  Вт.

$Q_4'' = 0,3 \cdot 380 = 114$  Вт

Для експедиції:  $\sum N_{дв} = 1,2 \cdot 0,07 \cdot (2173 + 112) = 192$  Вт.

$Q_4'' = 0,3 \cdot 192 = 58$  Вт

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоприпливи від працюючих людей.

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot t_k) \cdot n \text{ [Вт]}, \quad (4.14)$$

де  $n$  – кількість людей, що працюють в камері, приймаємо  $n=3$ .

Для камер схову:  $Q_4''' = (270 - 6 \cdot 8) \cdot 3 = 666 \text{ Вт}$ .

Для експедиції:  $Q_4''' = (270 - 6 \cdot 12) \cdot 3 = 594 \text{ Вт}$ .

Теплопритоки від інфільтрації через двері.

$$Q_4'''' = B \cdot F_{\text{стр}} \text{ [Вт]}, \quad (4.15)$$

де  $B$  – витрати холоду при відкритті дверей  $\text{Вт/м}^2$ , приймаємо для камер схову  $B=9 \text{ Вт/м}^2$ , для експедиції  $B=23 \text{ Вт/м}^2$ .

Для камер схову:  $Q_4'''' = 9 \cdot 120 = 1080 \text{ Вт}$ .

Для експедиції:  $Q_4'''' = 23 \cdot 54 = 1242 \text{ Вт}$ .

Таким чином, сумарні експлуатаційні теплопритоки:

Для камери №1:  $Q_4 = 120 + 131 + 666 + 1080 = 2032 \text{ Вт}$

Для камери №2:  $Q_4 = 120 + 90 + 666 + 1080 = 1956 \text{ Вт}$

Для камери №3:  $Q_4 = 120 + 114 + 666 + 1080 = 1980 \text{ Вт}$

Для камери №4:  $Q_4 = 120 + 58 + 594 + 1242 = 2014 \text{ Вт}$

Таблиця 4.3 – Звідна таблиця теплоприпливів по камері на ПО

	$Q_1, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_3, \text{Вт}$	$Q_4, \text{Вт}$	$Q_5, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$
Камера №1	4362	0	834	2032	0	7228
Камера №2	2453	0	834	1956	0	5243
Камера №3	3690	0	834	1980	0	6504
Камера №4	2173	0	412	2014	0	4599

Як прилади охолодження в камерах використовуємо пристінно-стельові хладонові повітроохолоджувачі, по максимальному навантаженню підбираємо в 2-гу та 3-тю камери по 3 повітроохолоджувача Alfa-Laval TGL33, в 1-шу камеру 3 повітроохолоджувача Alfa-Laval TGL34, в приміщення експедиції 2 повітроохолоджувача Alfa-Laval TGL33.

Навантаження на компресора при температурі кипіння 3°C з урахуванням втрат в системі при безпосередньому охолодженні у розмірі 3 % і коефіцієнта робочого часу 0.85 [3]:

$$Q_{0к}^{+3} = 1.03 \cdot (7228 + 5243 + 6504 + 4599) / 0.85 = 28567 \text{ Вт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Тепловий розрахунок холодильної машини

Всі теплові розрахунки проводимо за відповідною методикою [3]

Тепловий розрахунок буде проводитися за наступними даними:

- температура кипіння R404a  $t_0 = -17\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- потрібна холодопродуктивність  $Q_{0\text{ комп}} = 39\text{ кВт}$ ;
- температура конденсації агента  $t_k = 42\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- сумарний перегрів на всмоктуванні  $\Theta = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- переохолодження після конденсатора  $\Delta t_{\text{по}} = 5\text{ }^\circ\text{C}$ ;

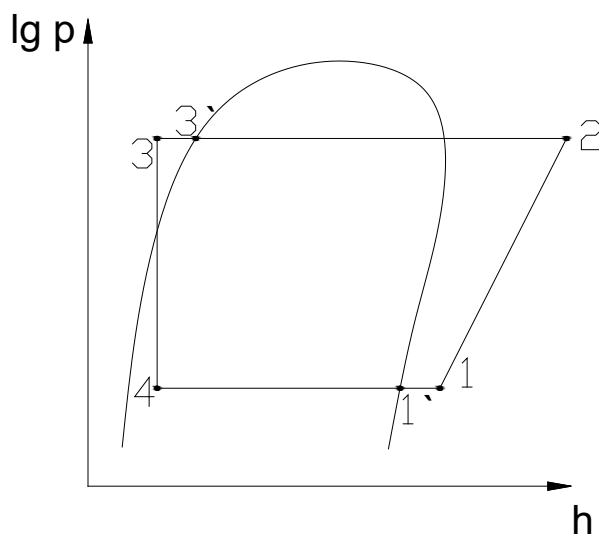


рис. 5.1 – Термодинамічний цикл холодильної машини

Процеси, відбиті в циклі:

- 1-2 – стискування в компресорі;
- 2-3 – конденсація;
- 3-4 – дроселювання агента;
- 4-5 – кипіння у випарнику;
- 1'-1 – перегрів на всмоктуванні;
- 3'-3 – переохолодження після конденсатора.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Розрахункові дані циклу холодильної машини

	1'	1	2	3	4
t, °C	-17	3	81	37	-17.3
P, бар	3.4	3.4	19	19	3.4
h, кДж/кг	359	376	422	258	258
v, м <sup>3</sup> /кг	-	0.064	-	-	

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 359 - 258 = 101 \text{ кДж/кг}$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 101 / 0.064 = 1578 \text{ кДж/м}^3$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l = h_2 - h_1 = 422 - 376 = 46 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата агента:

$$M_a = Q_0 / q_0 = 39 / 101 = 0.39 \text{ кг/с}$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0.39 \cdot 0.064 = 0.025 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт подачі компресора:

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_c = 1 - 0.03 \cdot [(P_k/P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0.03 \cdot [(19/3.4) - 1] = 0.86$$

$$\lambda'_w = (T_0 + \Theta) / (\alpha \cdot T_k + \beta \cdot \Theta) = (256 + 20) / (1.12 \cdot 315 + 0.5 \cdot 20) = 0.76$$

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda'_w = 0.86 \cdot 0.76 = 0.65$$

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h = V_d / \lambda = 0.025 / 0.65 = 0.038 \text{ м}^3/\text{с}$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l = 0.39 \cdot 46 = 17.9 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / (\lambda'_w + b \cdot t_0) = 17.9 / (0.76 - 17 \cdot 0.001) = 24.1 \text{ кВт}$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{тр} = 0.038 \cdot 40 = 1.5 \text{ кВт},$$

де  $P_{тр}$  - середній тиск тертя, приймаємо для хладонових компресорів

$$P_{тр} = 40 \text{ кПа.}$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 24.1 + 1.5 = 25.6 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрична потужність компресора:

$$N_{эл} = N_c / \eta_{эл} = 25.6 / 0.9 = 28.4 \text{ кВт},$$

де  $\eta_{элдв}$  - ККД електродвигуна компресора.

Таблиця 4.2 – Результати теплового розрахунку

Параметри	
Холодопродуктивність, кВт	39
Температура кипіння °С	-17
Температура конденсації °С	42
Перегрів °С	20
Переохолодження в конденсаторі °С	5
Тиск кипіння/конденсації, бар	3.4/19
Теор. об'єм, описаний поршнями, м <sup>3</sup> /с	0.038
Адіабатна потужність компресора, кВт	17.9
Електрична потужність компресора, кВт	28.4

## 6 Розрахунок повітряного конденсатора

Всі розрахунки апарату проводимо за відповідною методикою [1]

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуємо повітряні конденсатори. Розрахункове теплове навантаження може бути визначена за даними теплового розрахунку як:

$$\sum Q_k = Q_0 + N_e = 3 \cdot (39 + 19) = 174 \text{ кВт}$$

Дані для розрахунку:

Теплове навантаження:  $Q_k = 174 \text{ кВт}$

Розрахункова температура зовнішнього повітря:  $t_n = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Відносна вологість зовнішнього повітря:  $\phi_n = 0.6$

Зовнішній діаметр труби:  $d = 0.022 \text{ м}$

Внутрішній діаметр труби:  $d_{\text{вн}} = 0.02 \text{ м}$

Товщина ребра:  $\delta = 0.0008 \text{ м}$

Крок ребер:  $u = 0.008 \text{ м}$

Ширина ребра:  $B = 0.044 \text{ м}$

Матеріал труб/ребер: мідь/алюміній

Крок труб по ходу/проти ходу повітря:  $S_1/S_2 = 0.044/0.088 \text{ м}$

Розташування труб в пучку: шахове

Форма ребра: пластинчасте

Агент: R404a

### 6.1 Тепловий розрахунок конденсатора

Приймаємо підігрів повітря в конденсаторі  $\Delta t = 5 \text{ К}$ , тоді температура повітря на виході з апарату:

$$t_2 = t_n + \Delta t = 32 + 5 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура конденсації для повітряних конденсаторів приймається на 10-12 К вище за розрахункову температуру зовнішнього повітря:

$$t_k = 32 + 10 = 42 \text{ }^\circ\text{C}$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині апарату –  $w = 8 \text{ м/с}$ .

Розраховуємо геометричні характеристики ребра:

- зовнішня поверхня ребра:

$$f_p = B^2 - 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 + 4 \cdot B \cdot \delta = 0.044^2 - 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.022^2 + 4 \cdot 0.044 \cdot 0.0008 = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{тр} = \pi \cdot d \cdot (u - \delta) = 3.14 \cdot 0.022 \cdot (0.008 - 0.0008) = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн} = \pi \cdot d \cdot u = 3.14 \cdot 0.022 \cdot 0.008 = 0.55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{п} = f_p + f_{тр} = 1.7 \cdot 10^{-3} + 0.5 \cdot 10^{-3} = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- коефіцієнт обребрення  $\beta$  и ступінь обребрення  $\varphi_n$ :

$$\beta = f_{п} / f_{вн} = 2.2 / 0.55 = 4$$

$$\varphi_n = f_{п} / f_{тр} = 2.2 / 0.5 = 4.4$$

За довідковими даними [2] вибираємо теплофізичні властивості повітря при  $t_n$ :

- кінематична в'язкість  $\nu = 16.2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;
- коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0.027 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;
- число Прандтля  $Pr = 0.7$ ;
- щільність  $\rho = 1.16 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- теплоємність  $c = 1.005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Визначальний розмір для умов тепловіддачі від поверхні конденсатора до повітря для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_3 = 2 \cdot (S_1 - d) \cdot (u - \delta) / (S_1 - d + u - \delta), \text{ м} \quad (6.1)$$

$$d_3 = 2 \cdot (0.044 - 0.022) \cdot (0.008 - 0.0008) / (0.044 - 0.022 + 0.008 - 0.0008) = 0.011 \text{ м}$$

Критерій Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = w \cdot d_3 / \nu \quad (6.2)$$

$$Re = 8 \cdot 0.011 / 16.2 \cdot 10^{-6} = 5358$$

Критерій Нуссельта для пластинчастого ребра визначаємо по формулі:

$$Nu = 0.178 \cdot [(S_1 - d) / d_3]^{-0.14} \cdot Re^{0.6} \quad (6.3)$$

$$Nu = 0.178 \cdot [(0.044 - 0.022) / 0.011]^{-0.14} \cdot 5358^{0.6} = 27.8$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ребра до повітря визначаємо по формулі:

$$\alpha_k = Nu \cdot \lambda / d_3 \quad (6.4)$$

$$\alpha_k = 27.8 \cdot 0.027 / 0.011 = 69.1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

$$h' = 0.5 \cdot d \cdot (1.15 \cdot B / d - 1) (1 + 0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot B / d)), \text{ м} \quad (6.5)$$

$$h' = 0.5 \cdot 0.022 \cdot (1.15 \cdot 0.044 / 0.022 - 1) (1 + 0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot 0.044 / 0.022)) = 0.018 \text{ м}$$

Для мідних труб коефіцієнт теплопровідності стінки  $\lambda_{\text{тр}} = 400 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  
для алюмінієвих ребер  $\lambda_{\text{р}} = 200 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Коефіцієнт ефективності ребра визначаємо по формулі:

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = \tanh[(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] / [(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] \quad (6.6)$$

$$E = \tanh[(2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 200))^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008)] / [2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 200)]^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008) = 0.91$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі визначаємо по формулі:

$$\alpha_{пр} = \alpha_k \cdot (f_p \cdot E / f_{п} + 1 / \varphi_n), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.7)$$

$$\alpha_{пр} = 69.1 \cdot (1.7 \cdot 0.91 / 2.2 + 1 / 4.4) = 64.2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Розрахункові дані для визначення термічного опору шару мастила:

товщина –  $\delta_m = 0.0005 \text{ м}$ ;

коефіцієнт теплопровідності –  $\lambda_m = 0.12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні апарату визначимо по формулі:

$$K = [(1 / \alpha_{пр} + 8 \cdot f_{п} / (\pi \cdot (d^2 + d_{вн}^2)) \cdot (0.5 \cdot (d - d_{вн}) / \lambda_{тр} + \delta / \lambda_p + \delta_m / \lambda_m)]^{-1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.8)$$

$$K = [(1 / 64.2 + 8 \cdot 2.2 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot (0.022^2 + 0.002^2)) \cdot (0.5 \cdot (0.022 - 0.02) / 400 + 0.0008 / 200 + 0.0005 / 0.12)]^{-1} = 23.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Властивості агента (R404a) визначаємо за довідковими даними [2] при визначальній температурі конденсації  $t_k$ :

- щільність конденсату  $\rho_k = 1120 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- коефіцієнт теплопровідності конденсату  $\lambda_k = 0.0756 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;
- коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату  $\mu_k = 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;
- теплота паротворення  $r = 165 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$ .

Щільність теплового потоку з боку конденсуючого холодильного агента, використовуючи загальну температуру стінки труби  $t_{ст}$ , можна виразити по формулі:

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$q = \beta^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot r \cdot \rho_k^2 \cdot \lambda_k^3 \cdot (\mu_k \cdot d_{BH})^{-1}]^{0.25} \cdot (t_k - t_{CT})^{-0.75}, \text{ Вт/м}^2 \quad (6.9)$$

$$q = 4^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot 165 \cdot 10^3 \cdot 1120^2 \cdot 0.0756^3 \cdot (2.2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.02)^{-1}]^{0.25} \cdot (42 - t_{CT})^{-0.75} = 678 \cdot (42 - t_{CT})^{-0.75}$$

Щільність теплового потоку з боку повітря, використовуючи загальну температуру стінки труби  $t_{CT}$ , можна виразити по формулі:

$$q = K \cdot (t_{CT} - t_H), \text{ Вт/м}^2 \quad (6.10)$$

$$q = K \cdot (t_{CT} - t_H) = 23.8 \cdot (t_{CT} - 32)$$

Вирішуючи спільно систему рівнянь 7.9 і 7.10, визначимо шукану щільність теплового потоку через стінку:  $q = 168.2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ .

Повну обребрену поверхню апарату визначаємо по формулі:

$$F = Q_k \cdot 10^3 / q, \text{ м}^2 \quad (6.11)$$

$$F = 174 \cdot 10^3 / 168.2 = 1034 \text{ м}^2$$

## 6.2 Конструктивний розрахунок апарату

Об'ємна витрата повітря через апарат визначається по формулі:

$$V = Q_k / (c \cdot \rho \cdot \Delta t), \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.12)$$

$$V = 174 / (1.16 \cdot 1.005 \cdot 5) = 29.9 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа «живого» перетину конденсатора:  $F_{ж} = V/w = 29.9/8 = 3.7 \text{ м}^2$

Сумарна довжина труб в апараті:  $\sum L = F_{ж} / f_{п} = 3.7 / (2.2 \cdot 10^{-3}) = 1682 \text{ м}$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу «живого» перетину одного ребристого елемента визначимо по формулі:

$$f_{\text{ж}}=S_1 \cdot u - (2 \cdot h \cdot \delta + d \cdot u), \text{ м}^2 \quad (6.13)$$

$$f_{\text{ж}}=0.044 \cdot 0.008 - (2 \cdot 0.018 \cdot 0.0008 + 0.022 \cdot 0.008) = 0.1465 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату:  $n_{\text{рз}}=F_{\text{ж}}/f_{\text{ж}}=3.7/0.1465 \cdot 10^{-3}=25256$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка:

$$\sum L_{\text{ф}}=u \cdot n_{\text{рз}}=0.008 \cdot 25256=202 \text{ м}$$

$$\text{Площа фронтального перетину апарату: } S_{\text{ф}}=S_1 \cdot \sum L_{\text{ф}}=0.044 \cdot 202=8.9 \text{ м}^2$$

По графіках характеристик вентиляторів [6] вибираємо чотири вентилятори марки ВО- 12-303-8 при орієнтовному натиску  $H=160 \text{ Па}$ .

Діаметр вентиляторів  $D_{\text{в}}=0.8 \text{ м}$ , кількість  $z=4$

Конденсатор буде підлоговий, квадратної форми.

Орієнтовні геометричні розміри конденсатора:

$$\text{- ширина та довжина } B_{\text{к}}=L_{\text{к}}=(S_{\text{ф}})^{0.5}=(8.9)^{0.5}=3 \text{ м};$$

Число труб у фронтальному перетині апарату з округленням до цілого:

$$N_{\text{ф}}=B_{\text{к}}/S_1=3/0.044=68$$

Число труб уздовж потоку повітря, з округленням до більшого цілого:

$$N=\sum L/\sum L_{\text{ф}}=1682/202=9$$

$$\text{Висота секції: } H_{\text{к}}=S_2 \cdot N=0.088 \cdot 9=0.792 \text{ м}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 Підбір компресорів та допоміжного устаткування, розрахунок магістральних трубопроводів

### 7.1 Підбір компресорів та конденсаторів

Підбір компресорів здійснимо по потрібній холодопродуктивністю на один компресор  $Q_0=44$  кВт з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку. Вибираємо три поршневі компресори фірми Bitzer марки 6H-25.2Y-40P з холодопродуктивністю за даних умов  $Q_0=44.4$  кВт і споживаною електричною потужністю  $N_{ел}=22.5$  кВт.

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуємо повітряні конденсатори. Розрахункове теплове навантаження було визначено за даними теплового розрахунку.

Вибираємо повітряний конденсатор фірми Alfa-Laval марки ACDS802B-T потужністю 176 кВт и витратою повітря 84712 м<sup>3</sup>/час, при розрахунковій температурі конденсації  $t_k=42$  °C.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7.2 Розрахунок магістральних трубопроводів

Об'ємна витрата агента:

$$V_a = M_a / \rho, \text{ [м}^3/\text{с]}, \quad (7.1)$$

де  $\rho$  – щільність агента за відповідних умов,  $\text{кг/м}^3$ .

Діаметр трубопроводу, що розраховується:

$$d = 1.13 \cdot (V_a / w)^{0.5}, \text{ [м]}, \quad (7.2)$$

де  $w$  – орієнтовна швидкість агента, що приймається виходячи з умов роботи трубопроводу  $\text{м/с}$ .

Нагнітальний трубопровід для одного компресора:

При  $t_2 = 80^\circ\text{C}$  и  $P_k = 19$  бар – щільність агента  $\rho_2 = 86.6$   $\text{кг/м}^3$ .

$$V_a = 0.398 / 86.6 = 0.0045 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0045 / 14)^{0.5} = 0.02 \text{ м}.$$

Приймаємо на нагнітанні мідну трубу  $24 \times 1.5$ .

Всмоктуючий трубопровід для одного компресора:

При  $t_1 = -6^\circ\text{C}$  и  $P_0 = 5$  бар визначаємо щільність агента  $\rho_1 = 24.4$   $\text{кг/м}^3$ .

$$V_a = 0.398 / 24.4 = 0.016 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.016 / 12)^{0.5} = 0.041 \text{ м}.$$

Приймаємо на всмоктуванні мідну трубу  $45 \times 2.5$ .

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубопровід на сливі від конденсаторів до ресивера:

При  $t_3=37\text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_k=19$  бар визначаємо щільність агента  $\rho_3=964\text{ кг/м}^3$ .

$$V_a=0.398 \cdot 3/964=0.0012\text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n=1.13 \cdot (0.0012/1)^{0.5}=0.037\text{ м.}$$

Приймаємо на рідинному зливні мідну трубу 45×2.5.

### 7.3 Підбір допоміжного устаткування

Лінійний ресивер призначений для рівномірної подачі рідкого агента до дроселюючих пристроїв і для його зберігання, коли система не працює.

Лінійний ресивер для цієї холодильної системи безпосереднього охолодження підбирається з розрахунку, що його об'єм становить не менше 60% об'єму повітроохолоджувачів. При цьому робоче заповнення ресивера складає 50%. Загальний внутрішній об'єм повітроохолоджувачів можна визначити, виходячи з їх конструктивних характеристик і кількості повітроохолоджувачів.

$$V_{исп}=9 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2 \cdot \Sigma L=9 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.016^2 \cdot 168=0.304\text{ м}^3.$$

Відповідно до правил техніки безпеки, розрахунковий об'єм також збільшується на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80%. Таким чином, місткість лінійного ресивера можна визначити за такою формулою:

$$V_{л}=(0.6 \cdot V_{исп}/0.5) \cdot 1.2=(0.6 \cdot 0.304/0.5) \cdot 1.2=0.437\text{ м}^3.$$

Як лінійні ресивери використовуються горизонтальні або вертикальні циліндричні судини. За місткістю підбираємо горизонтальний ресивер 0.5PB, який може використовуватися при робочому тиску до 1.8 мПа в діапазоні температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресивера зварні, а запобіжні клапани мають умовний прохід Ду 15 мм.

Віддільники рідини включаються в систему для захисту компресора від потрапляння в них рідкого холодоагенту. Віддільник рідини має бути

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оснащений автоматичними приладами, що вимикають компресор при небезпечній зміні рівня рідини в судині. У системах безпосереднього кипіння, при регулюванні заповнення охолоджувальних приладів за перегрівом пари, у судині не повинно бути рідини під час нормальної експлуатації. Рідина відділяється від пари завдяки різкій зміні швидкості і напряду руху холодоагенту. Швидкість пари в судині не повинна перевищувати 0.5 м/с. Віддільник рідини є зварною вертикальною циліндричною судиною, яка має патрубки і штуцери для приєднання рідинної і парових ліній, зрівняльної лінії, автоматичних приладів і манометра. Судина розрахована на робочий тиск не більше 1,5 МПа в робочому діапазоні температур від -50 до +40 °С. Підбираємо віддільник рідини 70 ОЖ.

Мастиловіддільники призначені для відділення мастила, що переноситься компресорами разом із холодоагентом. Підбір мастиловіддільників здійснюється за діаметром нагнітального патрубка компресора. Вибираємо мастиловіддільник циклонного типу 65МО.

Мастилозбірник призначений для збирання мастила з апаратів і подальшого видалення його з системи при низькому тиску. Він є зварною вертикальною циліндричною судиною, розрахованою на робочий тиск не більше 1,8 МПа в робочому діапазоні температур від -40 до +150 °С. Вибираємо мастилозбірник 150СМ.

Для захисту віддільника рідини від переповнення, а також для зберігання агента під час тривалої зупинки холодильної машини, в системі передбачено захисний дренажний ресивер. Підбір апарату здійснюється аналогічно лінійному ресиверу, таким чином, як дренажний вибираємо горизонтальний ресивер 0.5РВ.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 Охорона праці

### Токсичність холодоагенту

Холодильна установка працює на холодоагенті R 404 А. Згідно зі стандартною класифікацією шкідливих речовин, існує 4 класи небезпеки, визначені за 7 показниками токсичної дії, включаючи середню смертельну дозу для піддослідних тварин і гранично допустиму концентрацію (ГДК) в повітрі робочої зони.

Основний вплив на організм людини має інгаляційна дія пари холодоагенту. У разі розгерметизації обладнання масова частка холодоагенту в повітрі, за інших рівних умов, пропорційна тиску і щільності його пари. При однакових ГДК і одній і тій самій температурі, холодоагент з вищим тиском насиченої пари і щільністю потрапляє в повітря робочої зони швидше і становить більшу небезпеку, ніж холодоагент з такими ж низькими параметрами. Тому реальну небезпеку холодоагентів в умовах експлуатації доцільно характеризувати коефіцієнтом токсичної небезпеки (КТН).

Коефіцієнт токсичної небезпеки (КТН) є безрозмірною величиною, яка визначається відношенням щільності сухої насиченої пари холодоагенту при температурі 20 °С до ГДК, встановленої для повітря робочої зони.

Таблиця 8.1

Холодильний агент	ГДК мгм/м <sup>3</sup>	ХТО * 10 <sup>-3</sup>
R404A	3000	10

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Класифікація виробництва за мірою вибухової , вибухово-пожежної, і пожежної небезпеки згідно ОНТП24-86 .

Оскільки всі приміщення хладонових установок класифікуються як категорія Д з пожеже-небезпеки, то також приміщення цеху відносяться до цієї категорії. З огляду на рівень небезпеки ураження електричним струмом, холодильні камери і машинні відділення хладонових установок відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою.

Таблиця 8.2 – Категорії приміщень по вибухово-пожежній і пожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (що звертаються)в приміщенні
Д	Негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Допускається відносити до категорії Д приміщення, в яких знаходяться ГЖ в системах мастила, охолодження і гідроприводу устаткування, в яких не більше 60 кг в одиниці устаткування при тиску не понад 0,2 мПа, кабельні електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів на місцях.

Визначення пожеже-небезпечних властивостей речовин і матеріалів виконується на підставі результатів випробувань або розрахунків по стандартних методиках з врахуванням параметрів стану (тиск, температура і т. д.).

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з нормативним документом "Правила пристрою і безпечної експлуатації хладонових холодильних установок", категорія приміщень хладонових установок (машинні відділення, холодильні камери) по вибуховій, вибухово-пожежній і пожежній небезпеці, а також по ризику поразки електричним струмом, повинна відповідати вимогам СНіП 2.09.08-85 та ПУЕ (Правила устрою електроустановок).

За вибухонебезпечністю приміщень з хладоновими установками визначаються як не вибухонебезпечні.

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проектованої установки.

Для оптимального розміщення холодильного обладнання потрібно забезпечити простоту монтажу, обслуговування та ремонту установки та її компонентів, а також скорочення виробничої площі і довжини трубопроводів.

У компресорному цеху розташовано 5 компресорів, лінійний, дренажний ресивери. Розміри компресорного цеху  $A \times B \times C = 6 \times 12 \times 4,8$  м. Два конденсатори з водяним охолодженням, розташовані поза будівлею.

У машинному відділенні передбачений лише один вихід на зовнішню частину будівлі. Компресори та інші апарати будуть розміщені у приміщеннях, які мають висоту 4,8 метра. Також можливе розміщення хладонового обладнання у виробничих приміщеннях разом з іншим технологічним обладнанням, але лише за умови, що в цих приміщеннях працює персонал, який отримав інструктаж з питань безпеки використання хладонових холодильних систем.

Випробування судин , що працюють під тиском.

Для забезпечення надійності та безпеки експлуатації судин, що працюють під тиском, проводять технічний огляд, який включає внутрішній огляд і гідравлічне випробування, як перед введенням їх в

					КРБ.ХУ та КП.1.793-03.1.8	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатацію, так і періодично в процесі роботи, а також достроково. Цей процес веде інспектор по котлонагляду для зареєстрованих установок. Під час гідравлічного випробування судина утримується під пробним тиском протягом 5 хвилин, після чого тиск поступово знижують до робочого. Під час цього процесу проводиться огляд судини, перевіряється щільність її швів і роз'ємних з'єднань за допомогою мильного розчину або іншого ефективного методу. Варто зауважити, що обстукування судини під тиском під час пневматичного випробування є небезпечним і забороненим.

Під час технічного огляду нових судин може бути виключено проведення гідравлічного випробування у випадку, якщо від моменту проведення такого випробування на заводі-виробнику не пройшло 12 місяців, судина не зазнала пошкоджень під час транспортування та установки, а також якщо їх монтаж був здійснений без зварки або паяння елементів, які працюють під тиском.

Під час технічного огляду нових судин можливе виключення проведення гідравлічного випробування у таких випадках:

1. Період з моменту проведення гідравлічного випробування на заводі-виробнику не перевищує 12 місяців.
2. Судина не зазнала пошкоджень під час транспортування та установки.
3. Монтаж судини виконаний без зварювання або паяння елементів, що працюють під тиском.

Гідравлічне випробування з попереднім внутрішнім оглядом проводиться не рідше за один раз в 8 років, при цьому допускається використовувати воду або інші не корозійні, не ядовиті, не вибухонебезпечні, невяжучі рідини.

Після реконструкції і ремонту, включаючи зварювання або паяння окремих частин, необхідно провести достроковий технічний огляд судин, які працюють під тиском. Якщо судина перед пуском в

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу перебувала у бездіяльності більше 1 року (за винятком випадків складської консервації, де огляд судин обов'язковий перед пуском в експлуатацію при зберіганні понад 3 роки), також потрібно провести огляд.

Якщо під час внутрішнього огляду судин, які входять у системи з безперервним технологічним процесом і мають не корозійне робоче середовище, і зупинка їх у виробничих умовах неможлива, виявлені наступні відсутність ознак розриву, витікання в зварних швах, а також відсутність пропуску газу під час пневматичного випробування (вихід води через заклепкові шви у вигляді пилю або крапель "слізок" не вважається), і немає видимих залишкових деформацій після випробувань, то можна зробити висновок, що така судина успішно пройшла випробування.

#### Розрахунок запобіжного клапана

Масова витрата  $G_a = 0,56$  кг/с

Показник адіабати  $V = 1,2$

Коефіцієнт витрати  $\mu = 0,5$

Щільність речовини  $\rho = 16$  кг/м<sup>3</sup>

Тиск спрацьовування клапана  $P_1 = 2.5$  мПа

Атмосферний тиск  $P_2 = 1$  мПа

Площа клапана

$$F = \frac{M}{V \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (P_1 - P_2)}} = \frac{0,56}{1,2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 20 \cdot (2,5 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^6)}} = 1,2 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Діаметр клапана

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2 \times 10^{-4}}{3,14}} = 0,026 \text{ м}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбираємо клапан типу СППКР ;  $D_u = 50$  мм.

#### Методи визначення місць витоків холодильних агентів

Хладони відзначаються високою текучістю, здатні проникати через навіть найдрібніші щілини та пори металу. Обслуговуючий персонал не може виявити витік хладону безпосередньо за допомогою органів чуття, оскільки хладони, що використовуються як холодоагент, за атмосферного тиску є безбарвним газом з дуже слабким запахом. Цей запах можна відчутти лише при вмісті хладону в повітрі більше 20—30% за об'ємом.

#### Методи визначення місць витоків хладону:

- омилування місць з'єднань елементів холодильної установки. В разі витoku хладону з'являються зростаючі міхури.

- визначення великого витoku холодоагенту по масляному підтоку в місці розгерметизації (у установках, що використовують хладони і мастила з хорошою взаємною розчинністю).

- визначення витoku за допомогою галоїдних ламп. Принцип дії галоїдних ламп заснований на тому, що продукти розкладання хладону у присутності розжареної міді забарвлюють безбарвне полум'я пальника і збільшують висоту факелу.

Контрольно-вимірюючі прилади. Вимоги до захисних пристроїв і арматури.

Хладони відзначаються високою текучістю, здатні проникати через навіть найдрібніші щілини та пори металу. Обслуговуючий персонал не може виявити витік хладону безпосередньо за допомогою органів чуття, оскільки хладони, що використовуються як холодоагент, за атмосферного тиску є безбарвним газом з дуже слабким запахом.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей запах можна відчуту лише при вмісті хладону в повітрі більше 20-30% за об'ємом.

Для запобігання підвищенню тиску при роботі холодильної установки мають бути використані обмежувачі тиску різного типу:

- реле тиску з можливістю регулюванням налаштування тиску спрацьовування, що забезпечує можливість автоматичного повторного запуску установки;

- реле тиску з фіксованим тиском спрацьовування;

- реле тиску, що не допускає повторного автоматичного пуску установки (пуск установки в роботу здійснюється після зняття блокування фахівцем).

Манометри - це прилади, які використовуються для вимірювання надлишкового, абсолютного або диференціального тиску, або для вимірювання різниці тиску між рідинами і газами. Принцип їх дії базується на залежності ряду фізичних параметрів від тиску, і вони класифікуються як рідинні за цим принципом дії.

Манометри - це прилади, які використовуються для вимірювання надлишкового, абсолютного або диференціального тиску, або для вимірювання різниці тиску між рідинами і газами. Принцип їх дії базується на залежності ряду фізичних параметрів від тиску, і вони класифікуються як рідинні за цим принципом дії.

Газосигналізатор - це прилад, призначений для виявлення наявності різних газів у повітрі та подачі світлових і звукових сигналів у разі виявлення. Газоаналізатори і газосигналізатори можуть бути стаціонарними або переносними, залежно від їхнього призначення та місця використання.

Основні правила безпеки при обслуговуванні холодильної установки

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш ніж заповнювати холодильну установку холодоагентом, важливо переконатися, що балон містить потрібний холодоагент. Це можна перевірити за тиском пари холодоагенту при температурі балона, яка дорівнює температурі навколишнього повітря. Перед перевіркою балон повинен бути у приміщенні протягом принаймні 6 годин. Залежність тиску холодоагенту від температури докільця можна перевірити за допомогою таблиці насиченої пари.

Важливо пам'ятати, що заповнення холодильної установки холодоагентом, який не має відповідної документації, що підтверджує його якість, заборонено. Під час відкриття колпачкової гайки на вентилі балона слід носити захисні окуляри. Вихідний отвір вентиля балона має бути спрямований в інший бік від працівника. Під час заповнення холодильної установки холодоагентом слід використовувати осушні патрони. Для приєднання балонів до холодильної системи дозволяється користуватися мідними трубами, що відпаляють, або маслобензостійкими шлангами, випробуванним тиском на міцність і щільність з врахуванням розділу 8 дійсних Правил.

Необхідно уникати залишення балонів з холодоагентом, які приєднані до холодильної установки, якщо не відбувається процес заповнення або видалення холодоагенту. Рекомендується проводити заповнення холодоагентом повністю агрегатованих холодильних установок у виробничому підрозділі, якщо це дозволяє документація на установку. Поповнення установок холодоагентом має відбуватися згідно з вимогами, викладеними в інструкції виробника, і тільки після виявлення та усунення причин витоку холодоагенту.

Балони з холодоагентом повинні зберігатися на спеціальному складі. У машинному відділенні дозволяється зберігати не більше одного балона з холодоагентом. Важливо уникати розміщення балонів поблизу джерел тепла, таких як печі, опалювальні прилади, парові

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

труби та електричні кабелі. Для заповнення холодоагентом системи холодильної установки слід використовувати лише балони з непростроченою датою технічного огляду. Об'єм заповнення балонів не повинен перевищувати допустимих значень, зазначених у відповідних правилах та нормативах. Перевірка наповнення балонів має проводитися шляхом їх зважування.

Первинне заповнення холодильної установки хладагентом повинне оформлятися актом (з додатком розрахунку необхідної кількості холодоагенту).

Електробезпека устаткування

Класифікація приміщень за мірою небезпеки поразки електричним струмом.

Відповідно до ПУЕ по мірі небезпеки поразки людей електричним виробничим приміщення відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою.

Вони характеризуються наявністю однієї з наступних умов:

- струмопровідний пил;
- токопровідна підлога (металеві, земляні и т. д.);
- висока температура (більш 35 °С);
- відносна вологість більш 75%;
- можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій

будівель, технологічному устаткуванню, що має з'єднання із землею, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншого боку.

Правила розташування приборів пуску і зупинки електро – установок

Холодильні установки мають бути оснащені приборами ПАЗ, що зупиняють компресор або блокують його пуск досягнувши гранично допустимих значень контролюємих параметрів.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час спрацьовування захисту має бути таким, аби виключити небезпечний розвиток процесу.

Системи ПАЗ і системи управління повинні виключати їх спрацьовування від випадкових і короточасних сигналів порушення нормального ходу процесу.

Холодильні установки в заданих випадках мають забезпечувати:

- Контроль за параметрами процесу і управління режимом для підтримки їх регламентованих значень.
- Управління процесом відтавання (якщо передбачено для систем безпосереднього охолодження).
- Проведення операцій безпечного пуску та зупинки.
- Видачу сигналів про аварійні ситуації та інформацію про несправність.

Холодильні установки у випадках, передбачених нормативною документацією (у тому числі вимогами ДСТУ Р 12.2.142, ДСТУ Р 51360), що діє, мають бути оснащені реле високого тиску, що зупиняє компресор при підвищенні тиску нагнітання до визначеної заданою величини.

Установки реле тиску повинні мати значення тиску нижче розрахункового, але вище, ніж у запобіжних клапанах.

Живлення випарників (судин) рідким холодоагентом здійснюється за допомогою автоматичних приладів та виконавчих механізмів у відповідних випадках.

Розрахунок заземлюючого пристрою

Розрахункове значення питомого опору ґрунту для

чорнозему  $\rho_{\phi} = 30 \text{ Ом/м}$  [5]

Кліматичний коефіцієнт який враховує сезон коливань вологості ґрунту:  $\psi = 1,1$  [5]

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове значення питомого опору ґрунту

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \psi = 30 \cdot 1,1 = 33 \text{ Ом/м}$$

Опір одного вертикального заземлювача

$$R_0 = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l} \cdot \left[ \ln\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l}\right) \right] = 6,75 \text{ Ом}$$

де  $\rho_p$  – розрахункове значення питомого опору ґрунту, Ом·м;

$l$  – довжина заземлювача, м;

$d$  – діаметр електрода, м;

$t$  – відстань від поверхні до середини заземлювача, м.

$$t = t_0 + l/2, \text{ м}$$

$t_0 \geq 0,5$  – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача, м.

Приймаємо  $l = 2$  м,  $d = 0.03$  м.

$$t = 0.5 \cdot 2/2 = 0.5 \text{ м}$$

$$R_0 = (33/2 \cdot 3.14 \cdot 2) \cdot [\ln(2 \cdot 2/0.03) + 0.5 \cdot \ln(4 \cdot 0.5 + 1)/(4 \cdot 0.5 - 1)] = 14.29 \text{ Ом}$$

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = R_0 / R_{\text{потр}}, \text{ шт.}$$

де  $R_0$  – опір одного вертикального заземлювача, Ом;

$R_{\text{потр}}$  – необхідний опір системи заземлення для електричних мереж змінного струму напругою до 1000 В,  $R_{\text{потр}} \leq 4$  Ом.

Приймаємо  $R_{\text{потр}} = 4$  Ом.

$$n = 14.29/4 = 3.57 \text{ шт}$$

Визначену кількість вертикальних заземлювачів округлюємо до найближчого стандартного значення  $n' = 4$  шт.

Вибираємо систему розподілення заземлювачів – по контуру.

Опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_b = R_0 / (n' \cdot \eta_b), \text{ Ом}$$

де  $n'$  – округлена кількість заземлювачів до найближчого стандартного, шт.;  $\eta_b$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

Приймаємо  $\eta_b = 0.85$

$$R_b = 14.29 / (4/0.85) = 3.04 \text{ Ом}$$

Опір з'єднувальної смуги(шини):

$$R_r = (\rho_p / 2\pi \cdot L \cdot \eta_r) \cdot \ln(L^2 / t_0 \cdot d), \text{ Ом}$$

де  $\rho_p$  – розрахункове значення питомого опору ґрунту, Ом·м;

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L$  – довжина смуги(шини), залежить від системи розподілу заземлювачів

- при розміщенні заземлювачів по контуру:  $L = n \cdot l'$ , м

$l'$  – відстань між заземлювачами;  $n$  – округлена кількість заземлювачів до найближчого стандартного, шт.;  $\eta_r$  – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів, приймаємо  $\eta_r = 0.7$ ;

$t_0$  – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача, м;  $L = 4 \cdot 3 = 12$  м  
 $R_r = (33/2 \cdot 3.14 \cdot 12 \cdot 0.7) \cdot \ln(12^2/0.5 \cdot 0.03) = 1.35$  Ом

Загальний опір системи заземлення:

$$R_{\text{сист}} = R_b \cdot R_r / R_b + R_r, \text{ Ом}$$

$$R_{\text{сист}} = 3.04 \cdot 1.35 / 3.04 + 1.35 = 0.93 \text{ Ом}$$

Так як загальний опір системи  $R_{\text{сист}}$  не перевищує необхідний опір  $R_{\text{потр}}$ , розрахунок скінчено.

#### Розробка захисту "Людина в камері"

У випадках, коли холодильні камери, доступ до яких мають працівники, не можуть бути відкриті зсередини, необхідно обладнати їх ручною системою сигналізації "Людина в камері". Сигнали "Людина в камері" передаються до приміщень з постійним перебуванням працівників, таких як диспетчерська, операторська або прохідна. Світлове табло "Людина в камері" спалахує зовні над дверима камери, в якій перебуває людина.

Пристрої для подачі сигналу з камери позначені світловими показниками з написом про недопустимість їхнього закритого розміщення вантажами та надійно захищені від пошкоджень.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Пожежна профілактика

Протипожежні вимоги щодо конструкції приміщення та степінь його вогнестійкості

Машинне і апаратне відділення хладонових установок відноситься до категорії Д – негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно СНіП 2.09. 01-85, використовуваний матеріал відноситься до неспалюваного матеріалу.

Таблиця 8.3 – Степінь вогнестійкості

Група займистості	Матеріали	Конструкції
Не спалювані	Під впливом вогню або високої температури не займаються, тліють або обвуглюються.	З не спалюваних матеріалів

Засоби пожежної автоматичної сигналізації.

Електрична пожежна сигналізація складається з датчиків, встановлених на різних дільницях і цехах підприємства. Ці датчики реагують на ознаки пожежі та передають сигнал на пункт зв'язку пожежної частини або команди, а також на приймальну станцію, яка приймає сигнали та вживає відповідних заходів. Обраною системою сигналізації є димова пожежна установка СДПУ-1.

Протипожежний інвентар.

При гасінні пожеж піною широко застосовують генератори високо кратної піни (ГВП) і хімічні вогнегасники ЗХП-10.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в виробничих будівлях і на території підприємства передбачають спеціальні пожежні щити з набором:

- пінних вогнегасників - 2,
- вуглекислотних вогнегасників – 1,
- ящиків з піском – 1,
- щільного полотна (волок, азбест) – 1,
- ломів – 2,
- багрів – 3,
- сокір – 2.

Розрахунок пожежного водоймища для запасу води

Площа підприємства  $S_{\Pi} = 504 \text{ м}^2$

Коефіцієнт запасу  $k = 1,1$

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння  $g = 10 \text{ л/с}$

Кількість одночасних пожеж  $n_{\Pi} = 1$

Тривалість гасіння пожежі  $\tau_{\Pi} = 2 \text{ години}$

Об'єм пожежного водоймища

$$V_{\text{в}} = k \cdot g \cdot n_{\Pi} \cdot \tau_{\Pi} = 1,1 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 = 22 \text{ м}^3$$

Виробнича санітарія

Вентиляція.

Проектом передбачається приточна система вентиляції, при якій повітря подається в приміщення припливною системою, а видаляється витяжною; системи працюють одночасно. Система вентиляції розроблена у відповідності до СНіП 2.04.05-91У, параметри повітря:  $t=16^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,5 \text{ м/с}$ ,  $\phi=75\%$ .

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Побутові приміщення компресорного цеху обладнані окремою системою вентиляції, яка відрізняється від системи вентиляції машинного (апаратного) відділення. Пристрої для активації аварійної та витяжної вентиляції знаходяться ззовні і заблоковані з пристроями для включення електроживлення всього холодильного обладнання.

Визначаємо продуктивність припливної та витяжної вентиляції:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{год}$$

де  $k$  – кратність циркуляції, 1/год.

$V$  - об'єм приміщення,  $\text{м}^3$

Для хладонових холодильних установок кратність циркуляції:

припливна – 3 (1/год); витяжна – 4 (1/год); аварійна(поєднана з витяжною) – 4 (1/год);

$$V = 12 \cdot 6 \cdot 4.5 = 346 \text{ м}^3$$

$$L_{\text{пр}} = 3 \cdot 346 = 1038 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_{\text{вит}} = 4 \cdot 346 = 1384 \text{ м}^3/\text{год}$$

Задаємося опором повітряної мережі  $N = 500 \text{ Па}$

Знаходимо марки вентиляторів:

E2,5.100-2 – для припливної вентиляції

E2,5.105-2 – для витяжної вентиляції

Знаходимо потужність електродвигуна вентилятора:

$$N = (K \cdot L \cdot N \cdot 10^{-6}) / (3.6 \cdot \eta_{\text{вен}} \cdot \eta_{\text{прив}})$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу.

Приймаємо  $K = 1.25$

$\eta_{\text{вен}}$  – ККД вентилятора.

$\eta_{\text{вен}} = 0.76$  – для E2,5.100-2;

$\eta_{\text{вен}} = 0.6$  – для E2,5.105-2

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta_{\text{прив}}$  – ККД привода.  $\eta_{\text{прив}} = 0.9$

$$N_{\text{пр}} = (1.25 \cdot 1620 \cdot 500 \cdot 10^{-6}) / (3.6 \cdot 0.76 \cdot 0.9) = 0.41 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{виг}} = (1.25 \cdot 2160 \cdot 500 \cdot 10^{-6}) / (3.6 \cdot 0.6 \cdot 0.9) = 0.69 \text{ кВт}$$

Освітлення. Розрахунок виробничого освітлення

Працювати в умовах недостатнього освітлення може призвести до зниження продуктивності та безпеки праці. Неправильне освітлення створює глибокі та різкі тіні, які можуть бути небезпечними, оскільки спричиняють стомленість зору та можуть збільшувати ризик виробничого травматизму. Основним завданням виробничого освітлення є забезпечення на робочих місцях необхідного рівня освітленості, враховуючи характер зорової роботи. Підвищення освітленості робочої поверхні покращує видимість об'єктів, збільшуючи їх яскравість і швидкість розрізнення деталей.

Розрахунок виробничого освітлення компресорного цеху

Довжина цеха  $A_{\text{ц}} = 12 \text{ м}$

Ширина цеха  $B_{\text{ц}} = 6 \text{ м}$

Висота цеха  $h_{\text{ц}} = 4,8 \text{ м}$

Висота робочої зони  $h_{\text{р}} = 2,5 \text{ м}$

Нормоване освітлення  $E_{\text{н}} = 150 \text{ лк}$

Тип освітлення ПВЛ

Висота підвісу світильника над робочою зоною

$$H_{\text{р}} = H - h_{\text{роб.п}} - h_{\text{підв.}}, \text{ м}$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_{\text{роб.п}}$  – висота робочої поверхні, м (у якості робочої поверхні приймається стіл, стандартна висота якого  $h_{\text{роб.п}} = 0.75 \dots 0.8$ , м);

$h_{\text{підв}}$  – висота підвішування світильника, м.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $h_{\text{підв}} = 2$  м.

$$H_p = 4.8 - 0.8 - 1 = 3 \text{ м}$$

$$L_{\text{ц}} = 1.5 \cdot 3 = 4.5 \text{ м}$$

Кількість світильників в приміщенні

$$N = \frac{A_{\text{ц}} \cdot B_{\text{ц}}}{L_{\text{ц}}^2} = \frac{12 \cdot 6}{4.5^2} = 3,6 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість світильників  $N' = 4$  шт

Індекс приміщення

$$I = \frac{A_{\text{ц}} \cdot B_{\text{ц}}}{H_p \cdot (A_{\text{ц}} + B_{\text{ц}})} = \frac{12 \cdot 6}{3 \cdot (12 + 6)} = 1.5$$

Світловий потік одного світильника

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot A_{\text{ц}} \cdot B_{\text{ц}} \cdot k \cdot z \cdot 100}{N' \cdot \eta}$$

де  $z$  - коефіцієнт мінімального освітлення, приймаємо  $z = 1,1$

$k$  - коефіцієнт запасу, приймаємо  $k = 1,5$  [5];

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

Задаємось значенням коефіцієнта віддзеркалення від стелі  $\rho_{\text{п}} = 50\%$  і коефіцієнта віддзеркалення від стін  $\rho_{\text{с}} = 30\%$ , відповідно до типу світильника і отриманого індексу приміщення знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку ламп  $\eta = 36$

$$\Phi_p = \frac{150 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 100}{4 \cdot 36} = 12375 \text{ лм}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 люмінесцентні лампи марки ЛБ40.

Електрична потужність всієї освітлювальної системи:

$$P = N' \cdot n \cdot P_{\text{л}}, \text{ Вт}$$

де  $N'$  – округлена кількість світильників, шт.;  $n$  – кількість ламп в одному світильнику, шт.;  $P_{\text{л}}$  – потужність однієї лампи, Вт.

$$P = 4 \cdot 4 \cdot 3120 = 49920 \text{ Вт}$$

Для перевірки правильності вибору марки лампи визначаємо відхилення дійсного світлового потоку від розрахункового:

$$\Delta = (\Phi_{\text{д}} - \Phi_{\text{р}} / \Phi_{\text{д}}) \cdot 100, \%$$

Допустимий діапазон відхилень  $\Delta = -10\% \dots +20\%$

$$\Phi_{\text{д}} = 3120 \cdot 4 = 12480 \text{ лм}$$

$$\Delta = (12480 - 12375 / 12480) \cdot 100 = 0.8 \%$$

Долікарська допомога

Ураження хладоном:

При отруєнні хладоном необхідно негайно вивести потерпілого на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. Відразу ж варто зняти стиснутий одяг, який може бути забруднений хладоном, та надати постраждалому повний спокій. Важливо надати потерпілому доступ до медичного кисню протягом 30-45 хвилин, використовуючи гумову подушку або балон. Також варто зігріти постраждалого за допомогою грілок.

У разі глибокого сну та можливого зниження больової чутливості слід бути особливо обережним, щоб не викликати опіків. Потрібно дати постраждалому пити міцний солодкий чай або каву, а також вдихати нашатирний спирт, за необхідності. В усіх випадках отруєння слід негайно викликати швидку допомогу.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо виявляються ознаки роздратування слизових оболонок, рекомендується полоскання носа і глотки 2%-ним розчином соди або водою. При попаданні хладону в очі, слід ретельно промити їх струменем чистої води та надіти темні захисні окуляри до приходу лікаря. Необхідно уникати захоплення очей пов'язкою. Якщо хладон потрапив на шкіру, може виникнути процес її відмороження. В такому випадку ділянку шкіри слід занурити в теплу воду або зробити загальну ванну протягом 5-10 хвилин. Після ванни шкіру слід осушити, але не розтирати, а покласти рушник, який добре вбирає вологу. Потім на пошкоджену ділянку шкіри можна накласти марлеву пов'язку або змастити маззю.

У разі появи міхурів ні в якому разі не слід їх розривати, а лише накласти марлеву пов'язку.

В машинному відділенні хладонової установки має бути аптечка із засобами для надання долікарської допомоги при поразці хладоном:

- нашатирний спирт (для дихання);
- валеріанові краплі;
- двовуглекисла сода (для промивання очей або полоскання горла);
- темні захисні окуляри;
- мазь Вишневського або Пеніцилін (для змазування пошкодженої поверхні шкіри);
- серветки, вата, бинти;
- дерев'яні лопатки (для узяття і накладення мазі). В спеціально відведеному місці слід мати балон з медичним киснем і устаткуванням до нього.

Надання першої допомоги постраждалому від електричного струму .

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перша допомога у випадках електричного ураження складається з двох основних етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання медичної допомоги.

Звільнення від дії струму:

- Найбільш ефективним способом є відключення відповідної частини електроустановки. Якщо це неможливо, можна перерізати дроти або відтягнути потерпілого від струмопровідної частини, тримаючись за його одяг або використовуючи ізольовані інструменти.
- При напрузі більше 1000 В слід використовувати діелектричні рукавиці, боти та інші ізольовані засоби.

Надання медичної допомоги:

- Якщо потерпілий у свідомості, але був в непритомності, йому потрібно забезпечити повний спокій або терміново доставити до медичного закладу.
- Якщо потерпілий не свідомий, але має дихання і роботу серця, його слід укласти на м'яку підстилку, забезпечити притікання свіжого повітря та застосувати методи охолодження із розтиранням тіла.
- У разі погіршення дихання необхідно негайно почати штучне дихання. Якщо не відчувається пульс та немає ознак життя, слід почати серцево-легеневу реанімацію.

В будь-якому випадку, навіть якщо стан потерпілого вважається стабільним, необхідно негайно викликати швидку медичну допомогу.

Висновок

Забезпечення належного технічного устаткування та створення умов роботи, що відповідають вимогам охорони праці, є критично важливими завданнями для адміністрації будь-якого підприємства. Дотримання цих

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимог дозволяє зменшити ризик ураження або захворювання працівників, що забезпечує безпеку та здоров'я персоналу.

Організація та поліпшення умов праці також сприяє підвищенню продуктивності праці та економічній ефективності виробництва. Забезпечення комфортних та безпечних умов праці допомагає знизити втрати від виробничого травматизму, захворювань та відсутності працівників через хвороби.

Тому адміністрація повинна активно працювати над вдосконаленням умов праці та забезпеченням відповідності їх вимогам охорони праці, щоб забезпечити не лише безпеку, але й ефективність робочого процесу та здоров'я працівників.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

1. Проаналізовано особливості технології виробництва варених ковбас, згідно обраної технології спроектовано план підприємства.
2. Виділено етапи застосування холоду, розраховано теплові баланси, підбрано устаткування.
3. Спроектовано камери нетривалого зберігання продукту, та приміщення експедиції.
4. Зроблено тепловий та конструктивний розрахунки повітроохолоджувача та конденсатору, підбрано основне та допоміжне устаткування холодильної установки.
5. Розроблено розділ охорони праці, який спрямовано на забезпечення безпечної роботи устаткування і персоналу підприємства.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Лагутін Ю.А. Апарати холодильних установок, в двох томах, том 1. Одеса: видавництво ОДАХ, 2003.
2. Свердлов Г.З., Явнель Б. К. Курсове та дипломне проектування холодильних установок та систем кондиціювання повітря. - 2-е видання, перераб. і доп.- М.: Харчова промисловість, 1978.- У пров.: 90к.
3. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин та теплових насосів. – Одеса: Студія «Негоціант», 2006. – 712 с. (З додатком).
4. Морозюк Т.В. Проектування поршневого компресора холодильних машин та теплових насосів, 2012. - 712 с.
5. Холодильні установки. Проектування: Навч. посібник/І.Г. Чумак, А.Ю. Лагутін, В.П. Чепурненка, С.Ю. Лар'яновський та ін; за ред. докт. техн. н. проф. І.Г. Чумака.- 3-тє вид., перераб. та доп.- Одеса: Друк, 2007.- 480 с.
6. Мнацаканов Г.К. Основи проектування холодильників [Текст] : навч. посіб. – Одеса : ОГАХ, 2006. – 58 с.
7. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянов А.В. Холодильная техника. Свойства веществ [Текст] : справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1985. – 208 с.
8. Холодильна техніка. Кондиціонування повітря. Властивості речовин. Довідник, Під ред. Богданова С. Н. 4-те вид., перероб. та дод. - СПб: СПбДАХПТ, 1999. - 320 с.
9. Іонов А.Г., Ерліхман В.М. Вибір оптимального перепаду температур для повітроохолоджувачів суднових морозильних апаратів // Холодильна техніка, 1973. - №1. - С. 24–28.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Гоголін А.А. Про складання та оптимізацію теплообмінних апаратів холодильних машин // Холодильна техніка, 1981. - №4. - С. 18–21.

11. Желіба Ю.А., Штельмах О.М. Резерви скорочення споживання електроенергії при експлуатації аміачних холодильних установок. Огляд. - Одеса: НДВ "Холод", 1995. - 24 с.

12. Креймер Н.Г. Енергетична ефективність регулювання геометричного ступеня стиснення холодильних гвинтових компресорів // Холодильна техніка, 1992. - №5. - С. 12–16.

13. Абдульманов Х.А., Васильєв В.Я. Порівняння ефективності аміачних холодильних машин з повітряним та водяним охолодженням конденсаторів // Холодильна техніка, 1973. - №8. - С. 4–6.

14. Ерліхман В.М., Іонов А.Г. Зниження енергоспоживання холодильної установки з конденсатор повітряного охолодження // Холодильна техніка, 1983. - №8. - С. 18–22.

15. Іванов. Конденсатори та водоохолоджувальні пристрої. - Л.: Машинобудування, 1980. - 165 с.

16. Гоголін А.А., Данилова Г.М., Азарєков В.М., Меднікова Н.М. Інтенсифікація теплообміну у випарниках холодильних машин. - М.: Легка та харчова промисловість, 1982. - 244 с.

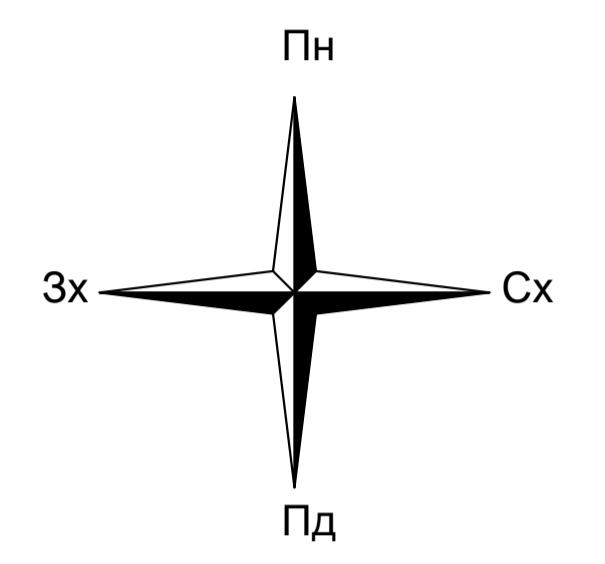
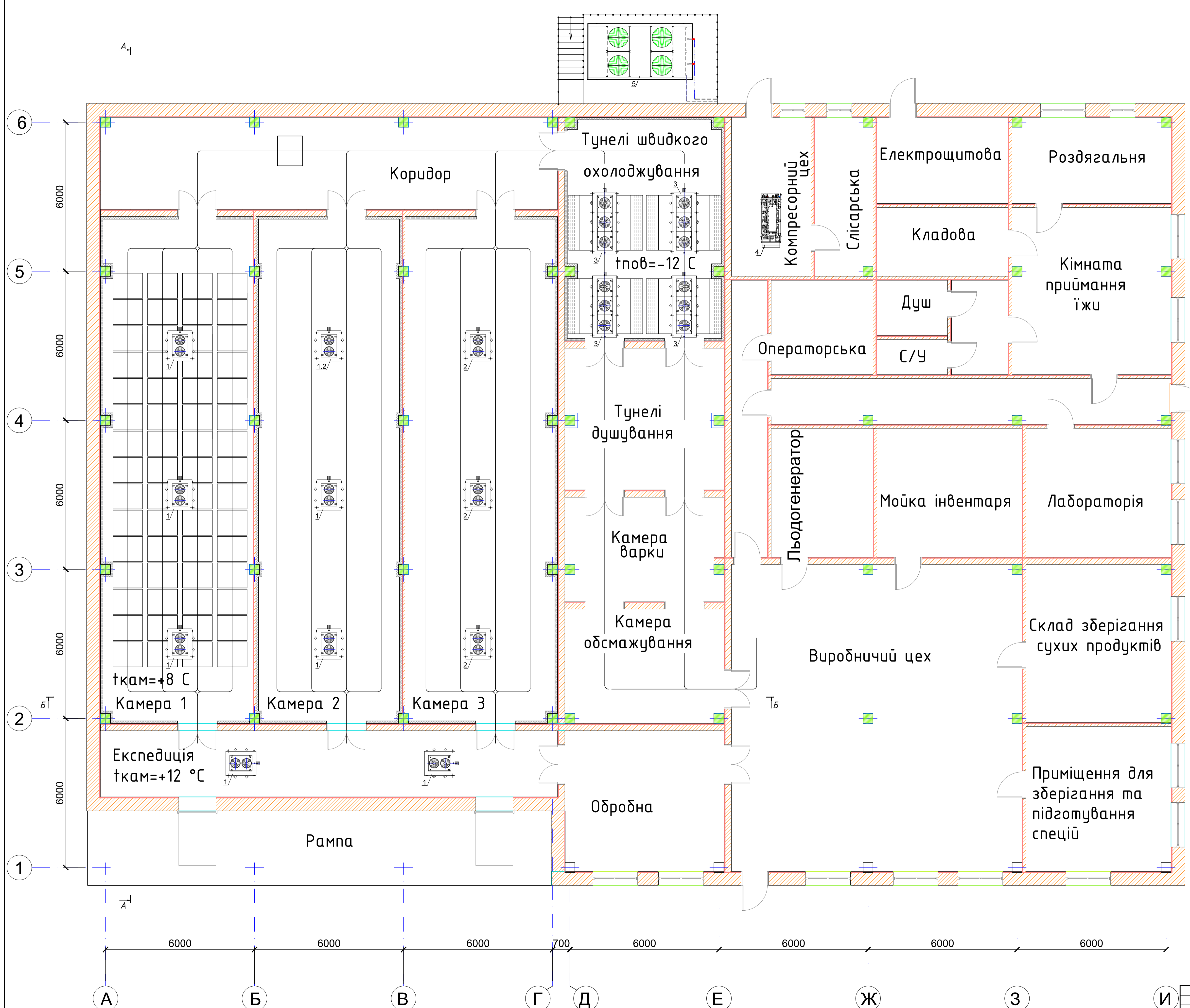
17. Досвіт Рой Дж. Основи холодильної техніки. Пров. з англ. - М.: Легка та харчова промисловість, 1984. - 520 с.

18. Україна: Енергозбереження у будинках. Київ: Енергетичний центр ЄС, 1995. - 274 с.

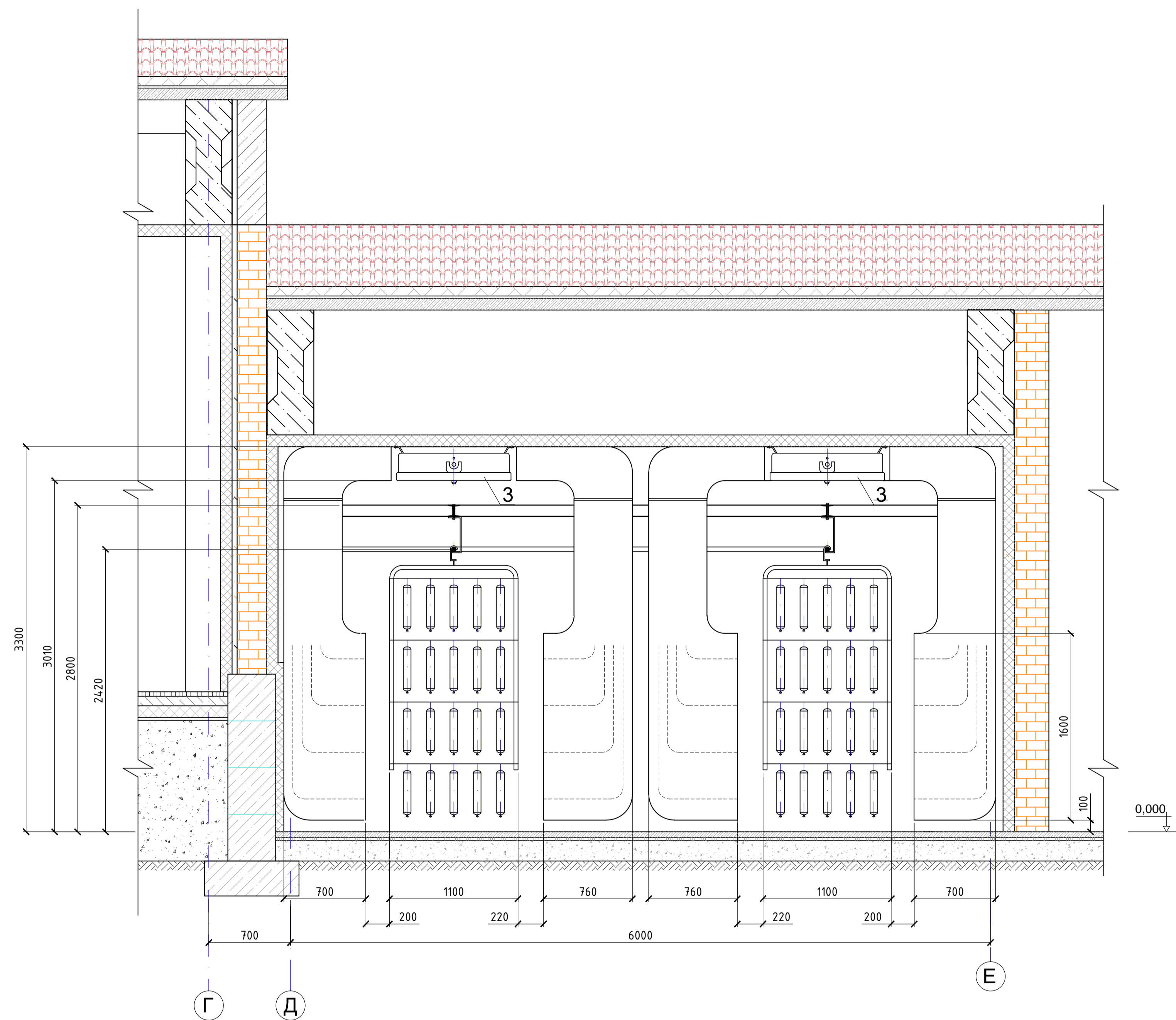
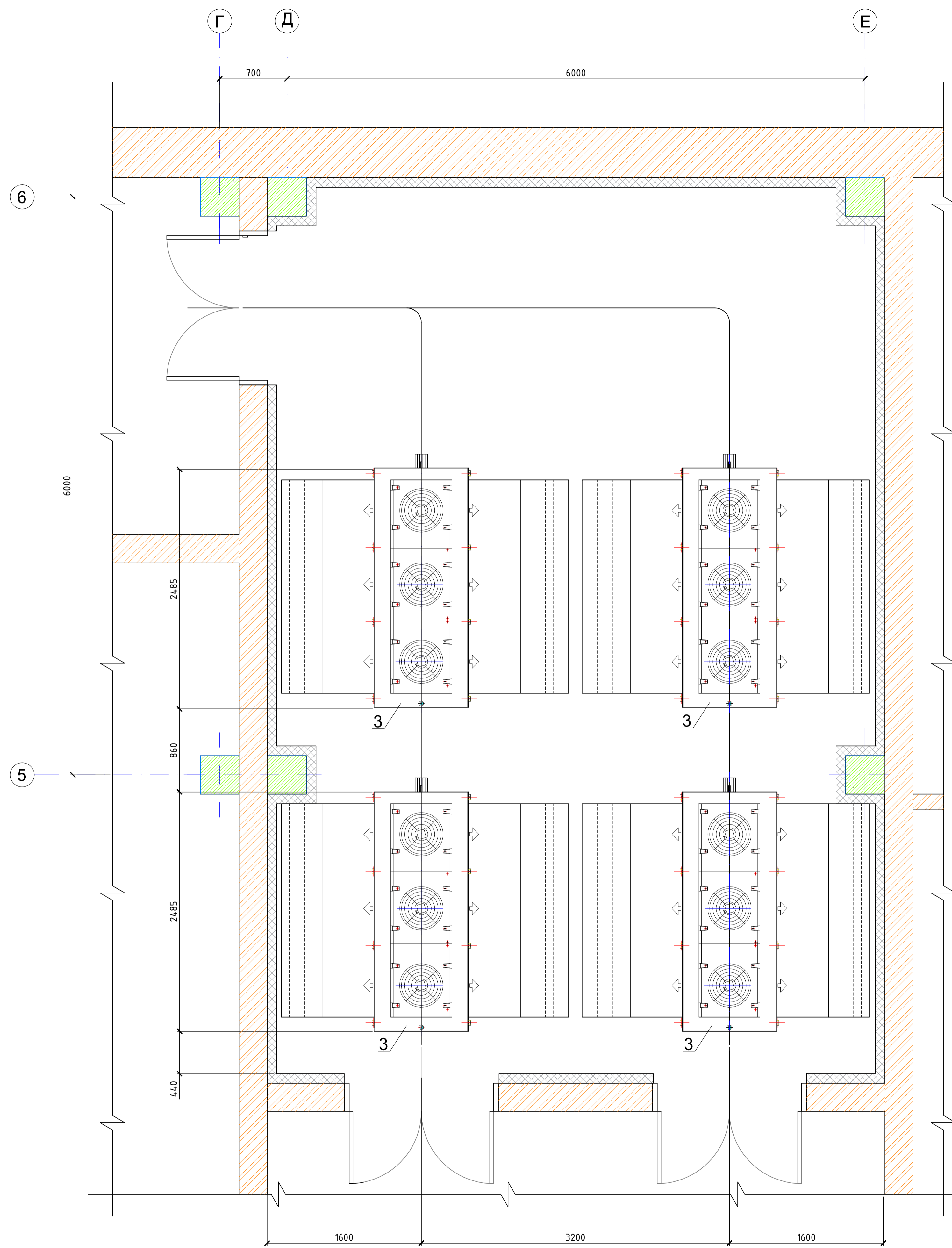
19. Курильов Є.С., Герасимов Н.А. Холодильні установки. Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1980. - 622 с.

20. Креймер Н.Г. Енергетична ефективність регулювання геометричного ступеня стиснення холодильних гвинтових компресорів // Холодильна техніка, 1992. - № 5. - с. 12–16.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

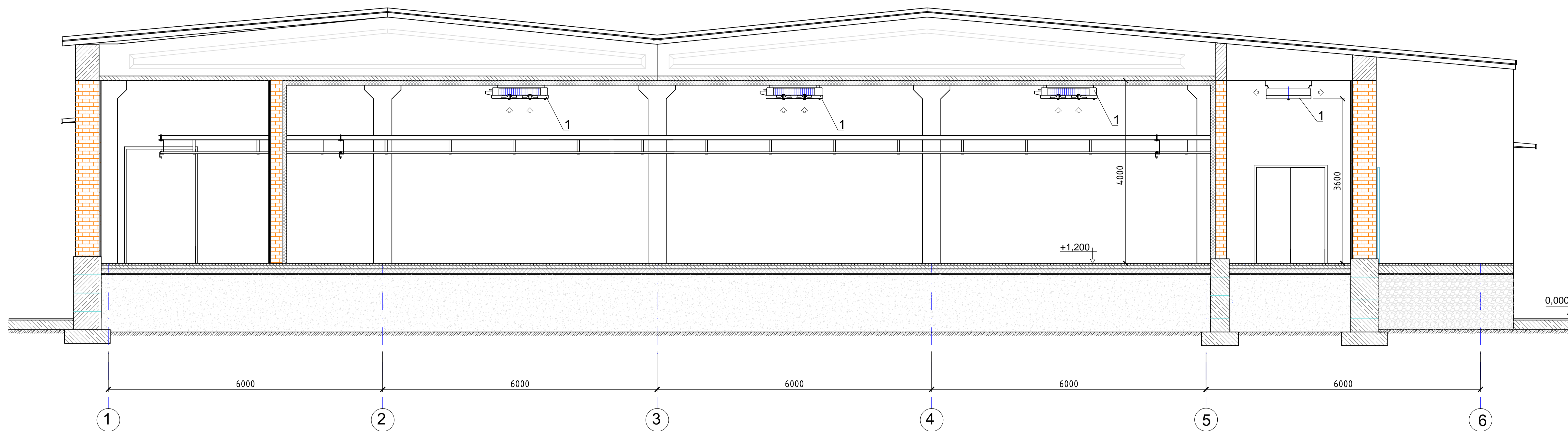


					КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.8			
Зм.	Арх.	Не догум.	Підпис	Дата	Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Тщеник О.Г.							1:75
Перевірив	Хмельнюк М.Г.					Лист 1	Листів 6	
Н. контроль	Хмельнюк М.Г.				План холодильника	ОНТУ група ЕН-141		

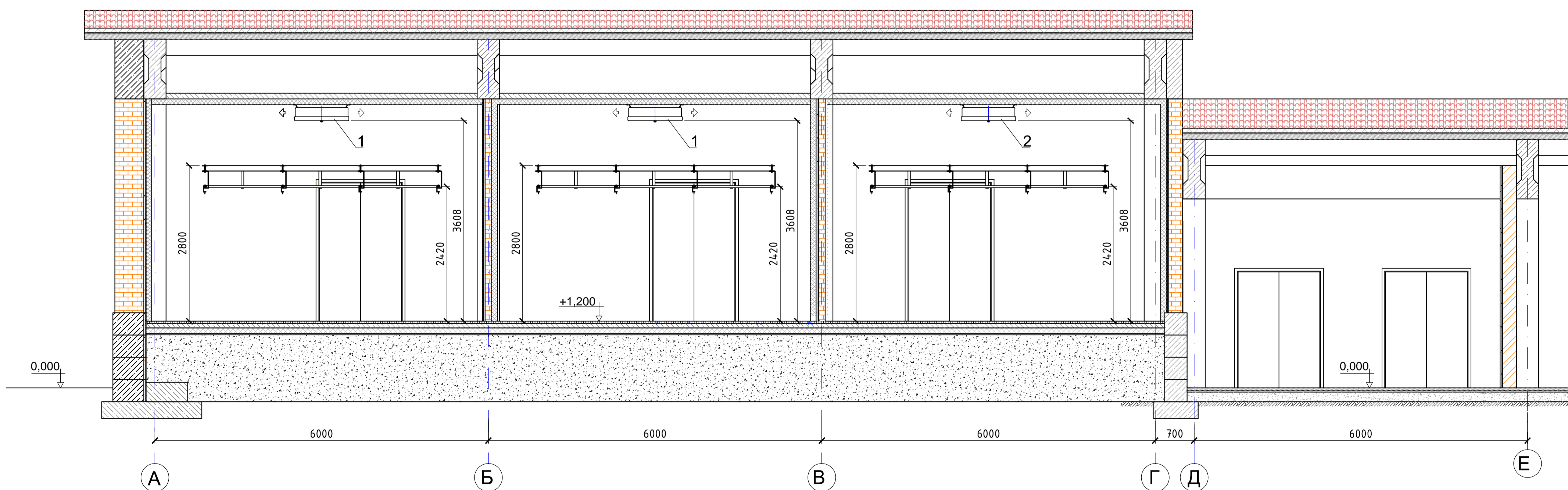


КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.8					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Архитц.	Не докум.	Підпис	Дата	Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця	Лист 2	Листів 6
Розробив	Тіщенко О.Г.						
Перевірив	Хмельняк М.Г.						
Тунелі швидкого охолодження					ОНТУ група ЕН-141		
Н. контроль	Хмельняк М.Г.						

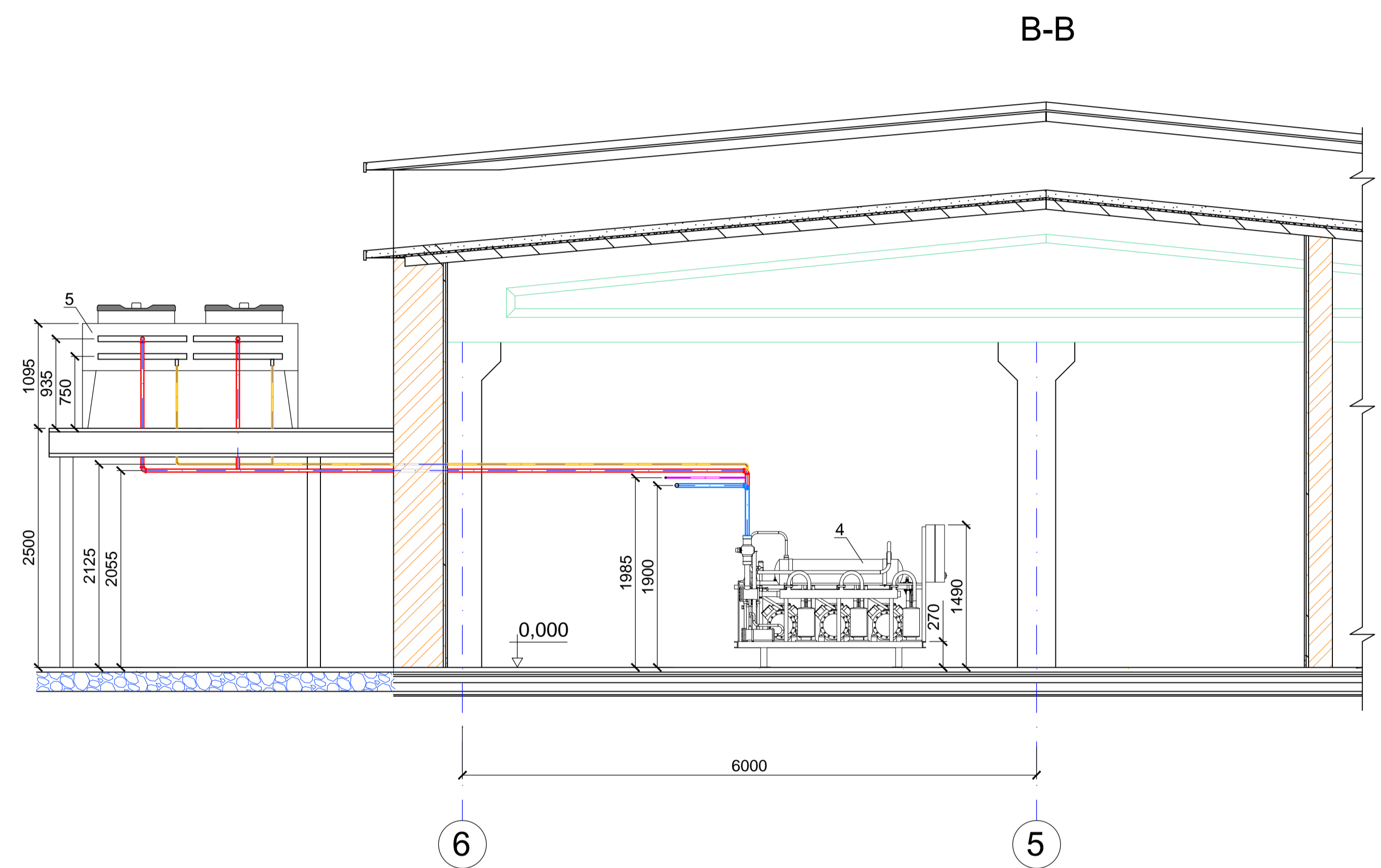
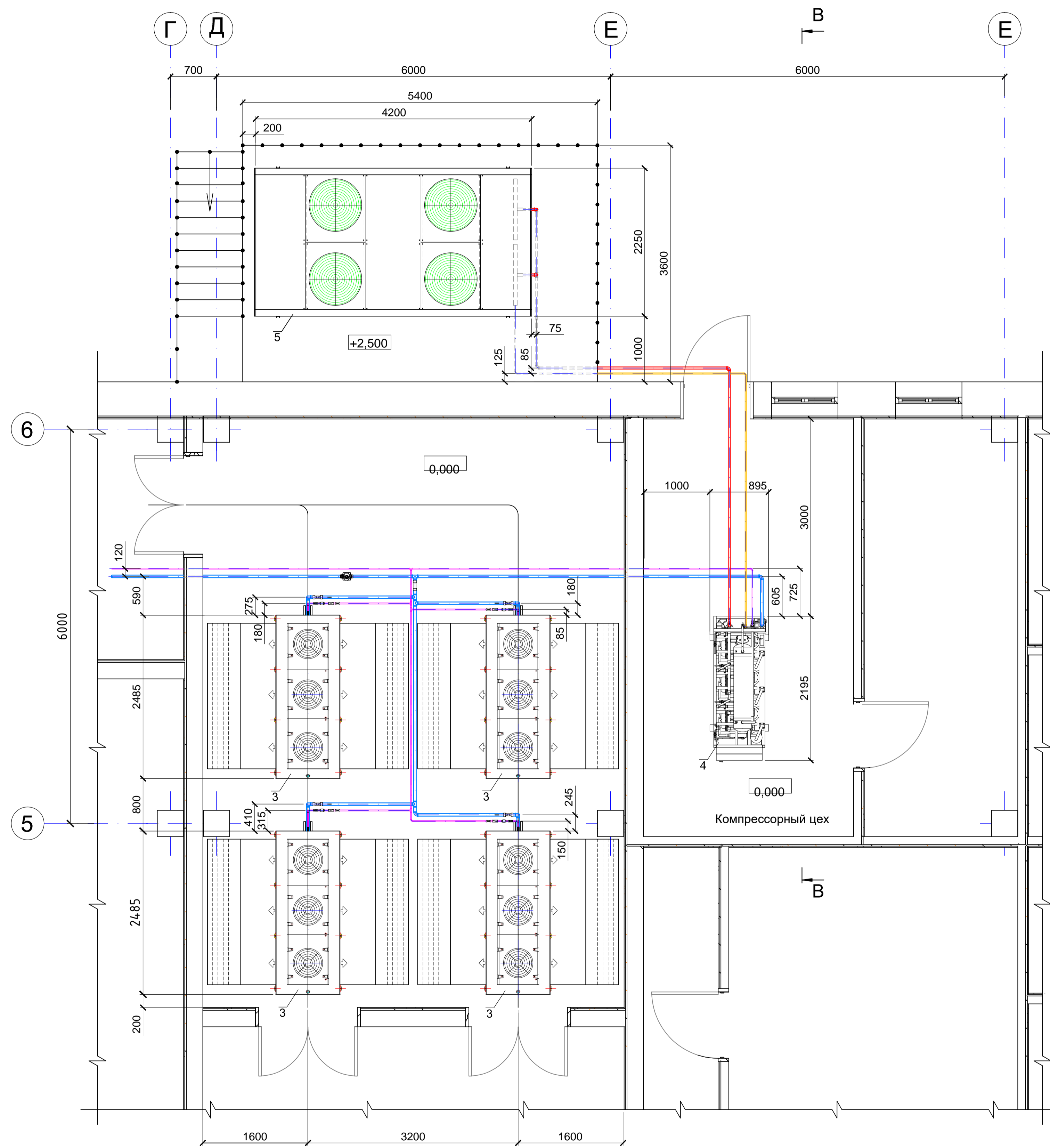
A-A



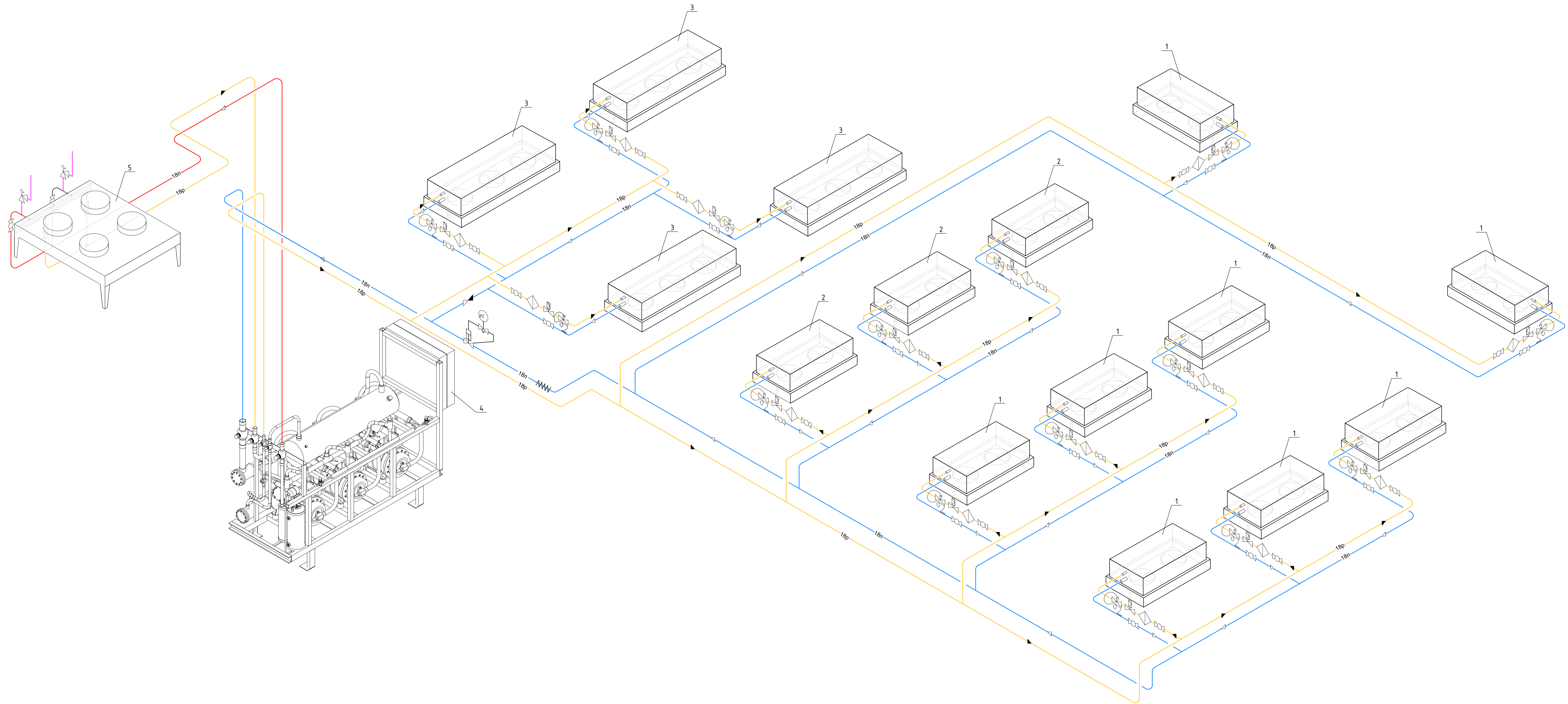
Б-Б



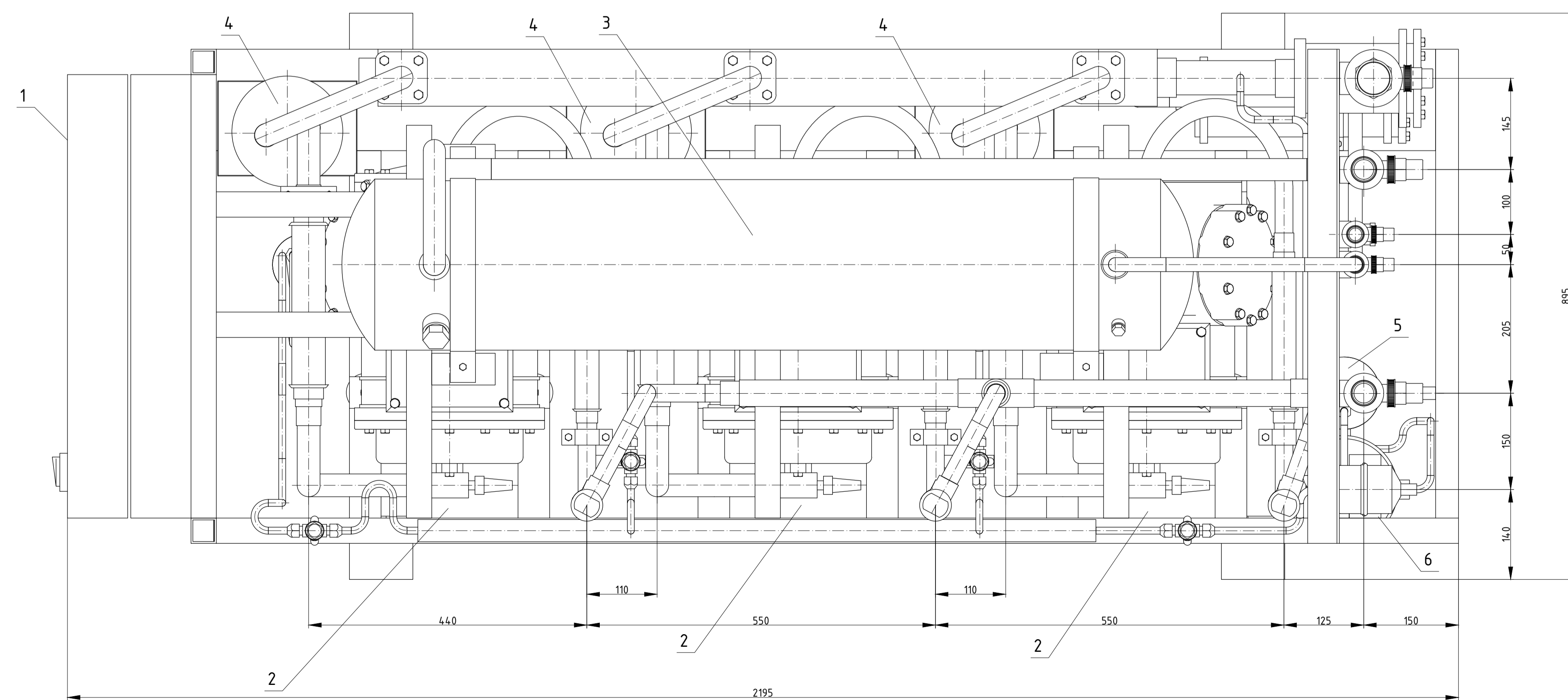
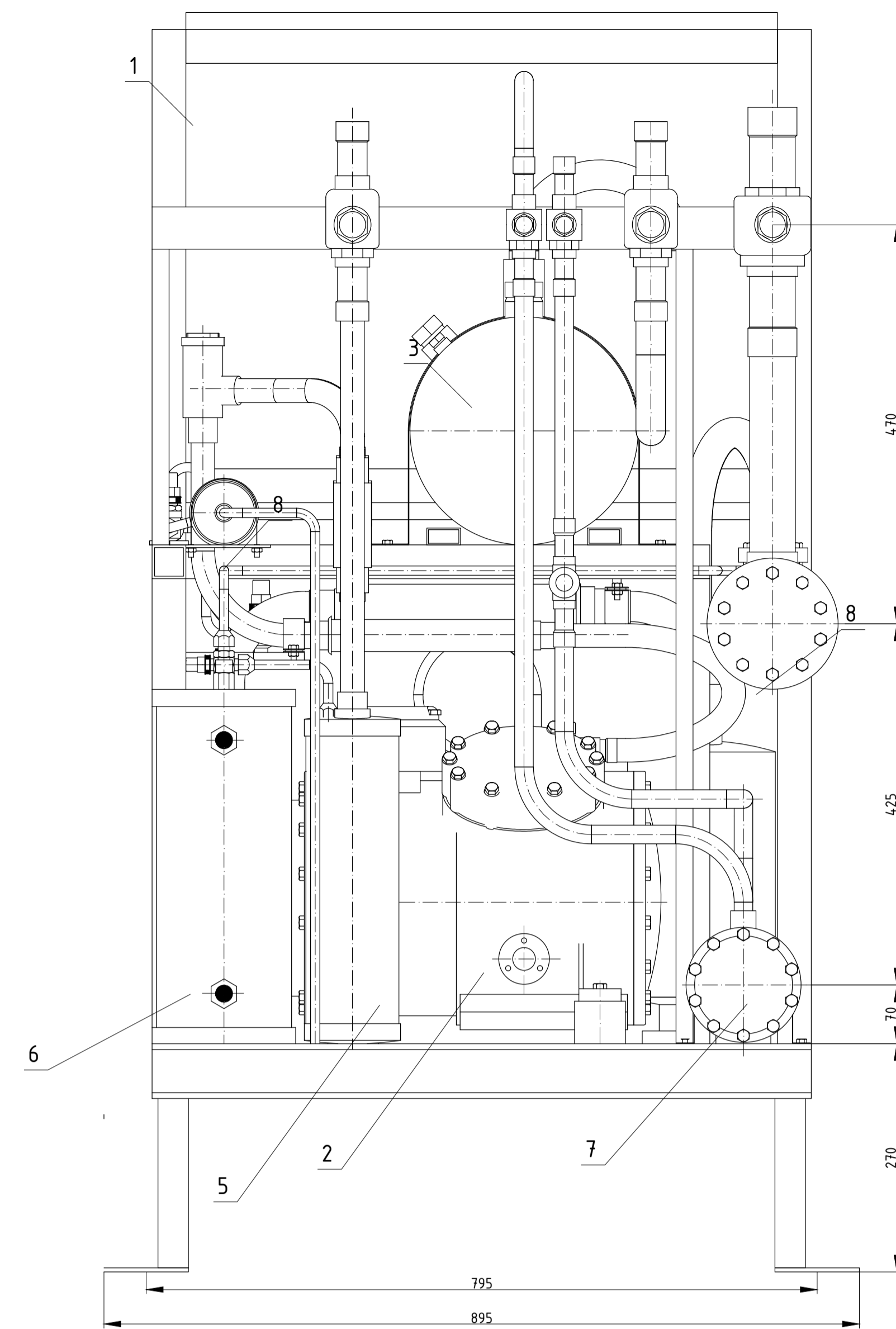
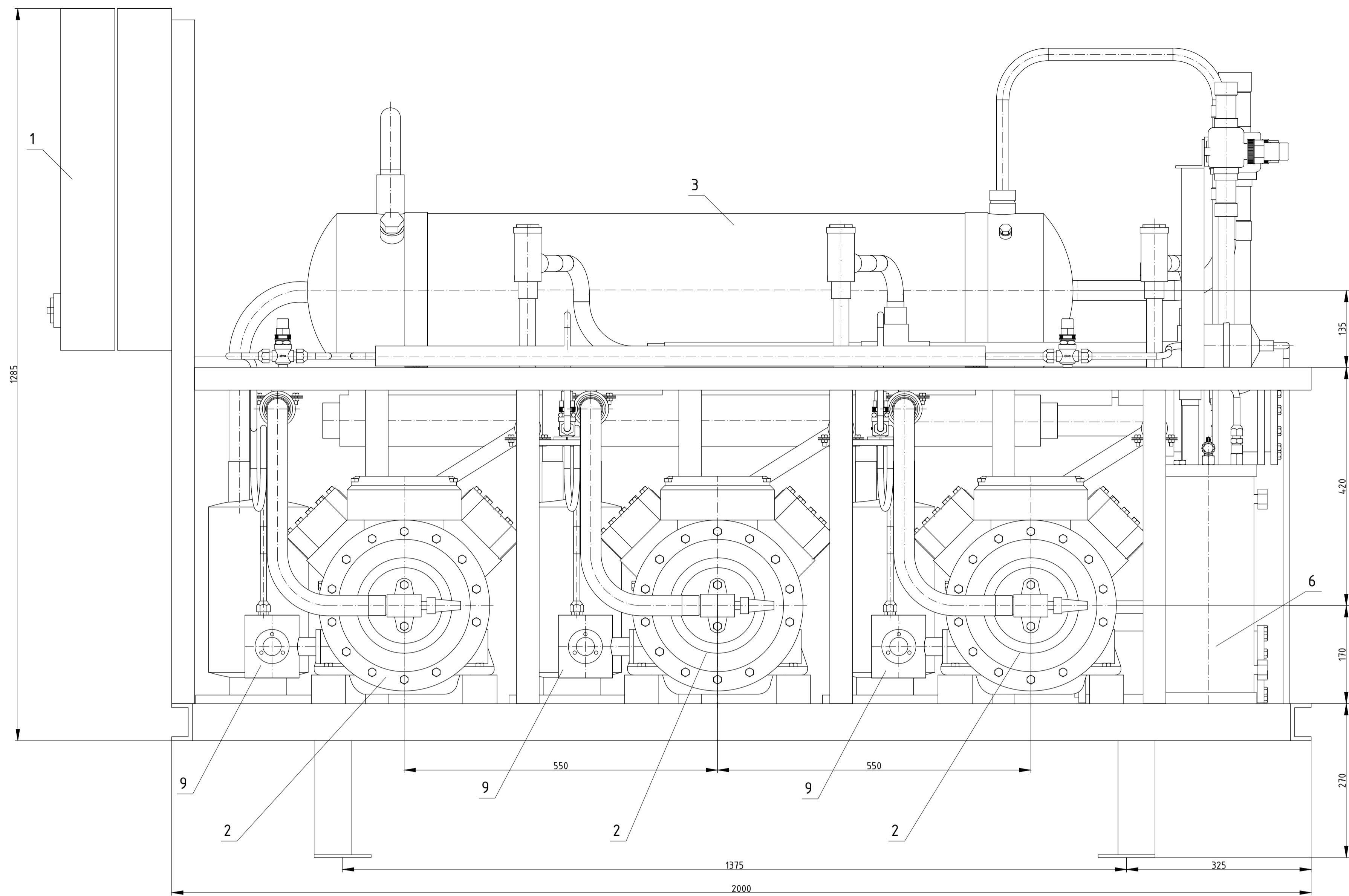
					КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.8		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Тщенко О.Г.						1:50
Перевірив	Хмельнюк М.Г.				Лист 3	Листів 6	
Н. контроль	Хмельнюк М.Г.				Розрізи А-А, Б-Б		ОНТУ група ЕН-141



КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.8					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Архит.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця	Лист 4	Листів 6
Розробив	Тщенко О.Г.						
Перевірив	Хмельнюк М.Г.						
Компресорний цех. Конденсаторне відділення. Розріз В-В					ОНТУ група ЕН-141		



					<b>КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.8</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Аркущ.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця	<b>Літ.</b>	<b>Маса</b>	<b>Масштаб</b>
Розробив	Тщеник О.Г.					Лист 5		Листів 6
Перевірив	Хмельнюк М.Г.							
Н. контроль					Хмельнюк М.Г.	Схема трубопроводів холодильної системи		ОНТУ група ЕН-141



Специфікація обладнання

№	Обладнання	кіль-ть
1	Щит автоматизації	1
2	Компресорний агрегат	3
3	Ресивер лінійний 1,5 РВ	1
4	Віддільник рідини	3
5	Масловіддільник	1
6	Маслосбірник	1
7	Фільтр-осушитель	1
8	Фільтр грязівик	1
9	Маслорівнепідтримувач	3

					<b>КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.8</b>			
Зм.	Архив	№ док.	Підпис	Дата	Проект холодильної установки цеху по виробництву ковбасних виробів продуктивністю 10 тон на добу, розташованого у м. Вінниця	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Тщанко О.Г.							
Перевірив	Хмельник М.Г.					Лист 6		Листів 6
Н. контроль	Хмельник М.Г.					Мультисистема		ОНТУ група ЕН-141