

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



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

На тему: «Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу
продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця»

Здобувача: Назарескул В.В.

4-го курсу групи ЕН-141

Керівник: доц. Зімін О.В.

Консультант: доц. Жихарєва Н.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри №10 від 30.05.2025 р.

Завідувач кафедри ХУіКП

Михайло Хмельнюк

Одеса – 2025 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики
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.

20 листопада 2024 р.

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

Назарескула Вадима Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця»

Затверджена наказом ОНТУ від № 576-03 від 26.09.24р.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 14.06.25 р.

3. Вихідні дані роботи: Холодильна установка цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

Вступ; Технологія виробництва майонезу; 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; Розріз по камерам зберігання; Схема трубопроводів холодильної системи; Мультисистема.

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: 20.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ; Технологія виробництва майонезу;	01.02.- 15.02.2025 р.	
2	Вибір і розрахунок будівельно-ізоляційної конструкції камер; Визначення теплового навантаження камер	16.02.- 28.02.2025 р.	
3	Тепловий розрахунок холодильної системи; Розрахунок повітряного конденсатора;	01.03.- 31.03.2025 р.	
4	Підбір компресорів та допоміжного устаткування, розрахунок магістральних трубопроводів;	01.04.- 15.04.2025 р.	
5	Охорона праці.	16.04.- 30.04.2025 р.	

Здобувач-дипломник _____ Назарескул В.В.

Керівник роботи _____ доц. Зімін О.В.

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 _____ Назарескул В.В.

Анотація
к кваліфікаційної роботі на тему
«Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу
продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця»

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки на 83 сторінках та графічній частини на 6 листах.

Метою даної роботи є розробка, дослідження та оптимальний вибір холодильного обладнання для холодильної установки цеху з виробництва майонезу з урахуванням мінімальних енергетичних і фінансових витрат та забезпечення високої якості готової продукції.

У процесі виконання роботи було:

- проаналізовано особливості сучасних технологій виробництва майонезу;
- розроблено технологічну схему охолодження, що забезпечує необхідні температурні режими на всіх етапах виробництва та зберігання продукту;
- спроектовано планування підприємства з урахуванням вимог санітарії, енергетичної ефективності та безпеки;
- визначено теплові навантаження на споживачів холоду з подальшим виконанням відповідних теплотехнічних розрахунків;
- проведено вибір основного та допоміжного холодильного обладнання, необхідного для реалізації технологічного процесу.

Результати цієї роботи можуть бути використані при проектуванні нових або модернізації існуючих виробничих ліній, що потребують організації ефективного холодильного забезпечення технологічних процесів зберігання та охолодження харчових продуктів.

ANNOTATION TO THE QUALIFYING WORK ON A SUBJECT

"Project of the refrigeration system for a mayonnaise production workshop
with a capacity of 9 tons per day, located in Vinnytsia"

The qualification work consists of a 83-page calculation and explanatory note and a graphic section comprising 6 sheets.

The aim of this work is the development, research, and optimal selection of refrigeration equipment for a mayonnaise production workshop, with minimal energy and financial costs, while ensuring high product quality.

The study analyzes the features of modern mayonnaise production technologies, develops a technological scheme to ensure the cooling processes during production and storage. The layout of the enterprise is designed, and the thermal load for cold consumers is determined. Thermal and equipment calculations are carried out. The main and auxiliary equipment is selected.

The results of this work can be used for the design of new or reconstruction of existing lines for ensuring technological cooling processes for various types of products.

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

ЗМІСТ

стор.

1 Вступ.....	7
2 Технологія виробництва майонезу	9
3 Будівельно-ізоляційна конструкція камер зберігання.....	22
4 Розрахунок теплового навантаження камер.....	28
5 Варіантні теплові розрахунки холодильної машини.....	36
6 Розрахунок повітряного конденсатора	40
7 Підбір компресорів та допоміжного устаткування, розрахунок магістральних трубопроводів	55
8 Охорона праці	60
Висновки	
Список використаної літератури	

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			
Розроб.		Назарескул В.В.						
Перевір.		Зімін О.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Зімін О.В.						
					Літ. Аркуш Аркушів			
					6 83			
					ОНТУ ІХКЕ гр.ЕН-141			

1 Вступ

В даній роботі проведено розробку та дослідження холодильної установки виробничого цеху. Цех орієнтовано на випуск майонезу з продуктивністю 9 тон в добу з розташуванням у м. Вінниця.

Масложирова галузь є однією з найдинамічніших у харчовій промисловості України. Завдяки активному залученню інвестицій за останні роки було введено в експлуатацію низку сучасних підприємств, що дозволяє виготовляти конкурентоспроможну продукцію із застосуванням високоефективних інноваційних технологій.

Одним із найбільш показових напрямів є виробництво майонезу. За останній рік в Україні було вироблено 715,9 тис. тонн майонезної продукції, що становить темп зростання 110,1 % порівняно з попереднім періодом. Активне зростання попиту серед населення стимулює не лише збільшення обсягів виробництва, а й розширення асортименту за вмістом жиру (від 20 до 67 %), варіативністю рецептур та дизайном упаковки й тари.

Суттєвою тенденцією останніх років є впровадження функціональних інгредієнтів у рецептури жирових продуктів, зокрема майонезів. Новим напрямом у розробці такої продукції є використання добавок, корисних для здоров'я людини, що відповідає сучасним уявленням про функціональне харчування. Аналіз маркетингових досліджень свідчить про зміну пріоритетів у споживчій поведінці: на перше місце виходять якість і склад продукту, далі — поради фахівців, і лише потім — ціна.

У відповідь на зміну споживчих мотивацій значного поширення набуває виробництво функціональних майонезів, тобто таких, які мають не лише добрі органолептичні та технологічні характеристики, а й позитивно впливають на стан здоров'я людини. Створення такої продукції є складним і трудомістким процесом, що вимагає ретельного підбору натуральних багатофункціональних добавок, здатних одночасно:

- забезпечити емульгування;

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- регулювати та стабілізувати консистенцію;
- реалізувати фізіологічну активність (наприклад, пробіотичну, антиоксидантну, гіпохолестеринемічну дію тощо).

Крім технологічних та споживчих вимог, при створенні майонезної продукції слід враховувати економічну ефективність, рентабельність проєктованого виробництва, сталі джерела постачання сировини, технічну оснащеність підприємства, а також забезпечення кваліфікованими кадрами — як робітничими, так і інженерно-технічними.

Таким чином, розвиток масложирової галузі, особливо в напрямі функціональних майонезів, є актуальним, перспективним та повністю відповідає сучасним тенденціям у харчовій індустрії та запитам споживачів.

Мета роботи – проєктування системи холодопостачання цеху по виробництву майонезу

Предмет дослідження – холодильна установка цеху по виробництву майонезу.

Об’єкт дослідження – економіко-енергетичні показники холодильної установки цеху по виробництву майонезу.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технологія виробництва майонезу

Майонез є складною багатокомпонентною системою, складність якої обумовлена не лише різноманітністю складників, але й тим фактом, що основні з них — олія та вода — не змішуються природним чином. Створити стабільну, майже гомогенну суміш із таких несумісних інгредієнтів важко навіть за умов інтенсивного перемішування (емульгування) та гомогенізації. Досягти бажаної структури можливо лише при правильній підготовці компонентів і суворому дотриманні технологічної послідовності, що забезпечує взаємодію між усіма складниками.

Технологічний процес виробництва майонезу включає наступні етапи:

- Підготовка кожного з рецептурних компонентів;
- Створення емульгуючо-структуруючої пасти;
- Отримання первинної ("грубої") емульсії;
- Гомогенізація до утворення тонкодисперсної емульсії;
- Додавання ароматичних та смакових добавок, які не могли бути внесені на попередніх стадіях.

Обробка сухих інгредієнтів

Сухі компоненти, зокрема сухе молоко, цукор, яєчний та гірчичний порошки, а також сіль, просівають на віброситах із магнітами для вилучення металевих домішок. Отвори сит мають розмір 1–3 мм. Відсутність грудок у сухих продуктах покращує їх здатність до вбирання вологи, підвищує дисперсність, поверхнево-активні властивості та емульгувальну здатність при набуханні.

Приготування оцетосольового розчину

Готовий сольовий розчин надходить у ємність, де його розбавляють водою до 13–15% (для жирних майонезів) або 9–10% (для дієтичних варіантів). Туди ж додається 80% оцтова кислота, кількість якої визначається рецептурою.

Вміст оцтової кислоти в кінцевому розчині не повинен перевищувати 7–9% для класичних майонезів і 5–6% — для низькокалорійних. Якщо сольовий

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розчинник відсутній, дозволяється вносити суху сіль безпосередньо в ємність, обладнану мішалкою (60–80 об/хв), до повного її розчинення.

Виготовлення ароматизованого оцту

Через різкий та специфічний смак 80% оцтової кислоти, що негативно впливає на смакові властивості продукту, у майонезі застосовують ароматизований оцет. Його виготовляють шляхом настоювання оцтової кислоти на спеціях (наприклад, лавровому листі, чорному та запашному перці). Подрібнені спеції поміщають у полотняний мішечок і опускають у розчин оцтової кислоти необхідної концентрації. Суміш нагрівають до 80–90 °С, потім охолоджують, не виймаючи спеції, після чого мішечок видаляють.

Приготування гірчиці

Щоб уникнути надмірної гіркоти в готовому майонезі, гірничий порошок проходить попередню обробку. За добу до початку виробництва необхідну кількість порошку поміщають у бачок з емальованою або нержавіючою внутрішньою поверхнею. Його заливають гарячою водою (80–100 °С) у співвідношенні 1:2 і ретельно перемішують до утворення однорідної маси. Після цього верхній шар гірчиці вирівнюють і обережно заливають шаром окропу (100 °С) товщиною 4–6 см. Бачок герметично закривають кришкою і залишають на 24 години. По завершенні настоювання зайву воду зливають, і отриману гірничну масу використовують у виробництві.

Приготування майонезної пасти

Одним із ключових факторів утворення стабільної емульсії є правильна підготовка емульгаторів — їх потрібно розчинити до стану однорідного, високо дисперсного колоїдного розчину. Основними емульгуючими агентами є яєчний порошок і сухе молоко.

Процес приготування пасти передбачає розчинення сухих інгредієнтів та їх змішування до гомогенного стану. Це може здійснюватися у двох

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змішувачах: в одному — розчиняють сухе молоко разом із гірчичним порошком (якщо його не обробляли окремо), в іншому — яєчний порошок. Хоча можливе одночасне розчинення всіх компонентів в одному змішувачі, це небажано через різницю температурного режиму для кожного інгредієнта. Такий підхід також знижує продуктивність, оскільки подовжується тривалість приготування.

Підготовка пасти у двох змішувачах

Якщо гірчиця не запарюється заздалегідь, її підготовка проводиться безпосередньо у змішувачі. В один із малих змішувачів заливають воду температурою 90–100 °С, у співвідношенні до порошку 1:(2–2,5), засипають гірчицю та перемішують до однорідності. Потім додають теплу воду (35–40 °С), сухе молоко, соду і цукор. Для класичного (висококалорійного) майонезу співвідношення сухого молока до води становить 1:3, для дієтичного — 1:4. Увімкнувши мішалку, подають пару в сорочку змішувача, доводять температуру до 90–95 °С і витримують 20–25 хвилин для пастеризації. Далі суміш охолоджують до 40–45 °С.

Якщо гірчиця вже була підготовлена раніше, її додають у змішувач разом з рештою інгредієнтів перед пастеризацією. Об'єм води, доданої з гірчицею, враховують у загальному балансі.

У другому змішувачі готують розчин яєчного порошку: порошок змішують із водою температурою 40–45 °С у співвідношенні 1:(1,4–2) для жирного майонезу або 1:(2,5–2,8) для низькокалорійного. Після перемішування суміш нагрівають до 60–65 °С і витримують 20–25 хвилин. Щоб покращити дисперсність, періодично вмикають циркуляційний режим через емульгатор. Після витримки суміш охолоджують до 30–40 °С.

Одержані розчини — гірчично-молочний та яєчний — з'єднують у будь-якому з малих змішувачів, перекачуючи одну з мас до іншої.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приготування майонезної пасти в одному змішувачі

У разі, якщо гірчичний порошок не проходив попередню термічну обробку окремо, підготовка пасти починається з його запарювання безпосередньо у змішувачі. До апарата подають гарячу воду температурою 90–100 °С і додають гірчичний порошок у співвідношенні 2–2,5:1. Компоненти ретельно перемішують до утворення однорідної маси.

До отриманої гірчичної суміші додають воду температурою 35–40 °С, сухе молоко (у співвідношенні 3:1 для висококалорійних майонезів і 4:1 для дієтичних), а також соду, цукор та кукурудзяний фосфатний крохмаль. Суміш пастеризують при температурі 90–95 °С упродовж 20–25 хвилин. Після цього охолоджують до 40–45 °С.

Далі до змішувача додають яєчний порошок і воду (у співвідношенні 1:(1,4–2) — для жирних, 1:(2,5–2,8) — для маложирних майонезів). Температуру піднімають до 60–65 °С і витримують ще 20–25 хвилин при постійному перемішуванні. Для покращення дисперсності окремих компонентів частину суміші періодично пропускають через емульгатор у зворотному напрямку (в режимі «на повернення») протягом 5-хвилинних циклів.

Готову майонезну пасту охолоджують до 30–40 °С і направляють у великий змішувач для наступного етапу — приготування грубої емульсії.

Технологічні особливості та контроль якості пасти

Ефективність стабілізації емульсії значною мірою залежить від ступеня підготовленості компонентів пасти — зокрема, гірчичного порошку, яєчного порошку та сухого молока. Важливо забезпечити ретельне набухання та диспергування, уникнувши утворення грудочок. Компоненти повинні бути рівномірно розподілені, що досягається інтенсивним перемішуванням у змішувачі з пароводяною сорочкою та спеціальною мішалкою.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Готовність пасти визначають візуально за пробою: вона має бути однорідною, без грудочок, рівномірно стікати з дерев'яної пластинки. Тривалість перемішування залежить від ступеня розчинення компонентів.

У разі поганої розчинності яєчного порошку чи сухого молока час обробки необхідно збільшити. Для покращення розчинення сухого молока також можна регулювати дозування соди. Слід уникати зниження рН пасти, оскільки це може спричинити коагуляцію казеїну і подальше розшарування готового продукту.

Якщо використовується яєчний порошок із підвищеною дисперсністю, готовий майонез може мати надто високу в'язкість. У такому випадку доцільно змішувати його з порошком звичайної якості у пропорції 1:1.

Вміст сухих речовин у пасті має становити не менше 37–38% для жирних майонезів та 32–34% — для майонезів зі зниженим вмістом жиру.

Приготування грубої емульсії майонезу

Процес попереднього емульгування (створення грубої емульсії) здійснюється у великих змішувачах, оснащених рамними мішалками або мішалками з регульованою швидкістю обертання. Основна вимога — забезпечення рівномірного перемішування в усьому об'ємі без утворення застійних зон.

Після приготування в малому змішувачі майонезну пасту перекачують у великий змішувач. Під час або після перекачування до пасти починають поступово додавати олію температурою 20–25 °С. На початку (протягом перших 7–10 хв) олію вводять повільно — зі швидкістю 4–6 л/хв, потім швидкість збільшують до 10–12 л/хв. Дозволяється почати подачу олії за 3–7 хв до завершення перекачування пасти. Для забезпечення кращого розподілу олії вона подається через спеціальний розпилювач (душовий змійовик).

Після закінчення подачі олії у змішувач додають заздалегідь підготовлений розчин солі й оцту зі швидкістю 6–8 л/хв. Далі вводять

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розчинні спеції. Нерозчинні смакові або ароматичні добавки слід вводити лише після гомогенізації емульсії.

Важливо дотримуватись послідовності введення: спочатку олія, потім оцтово-сольовий розчин. Порушення цієї послідовності або занадто швидке введення компонентів може спричинити зворотну емульсію або навіть обіг фаз.

Отримана груба емульсія повинна відповідати типу «олія у воді», бути стабільною, однорідною й не розшаровуватися навіть при слабкому перемішуванні. Такий стан є критично важливим перед подачею суміші в гомогенізатор.

Гомогенізація емульсії майонезу

Заключним етапом є гомогенізація емульсії, яка проводиться на поршневих гомогенізаторах. Якість гомогенізації залежить від правильно встановленого тиску, що регулюється зазором у гомогенізуючій головці.

До досягнення оптимального тиску емульсія після гомогенізатора повертається у змішувач. Після налаштування тиску готовий майонез надходить у приймальну ємність.

Рекомендовані тиски:

- для високожирних майонезів: 0,90–1,1 МПа (9–11 кгс/см²);
- для майонезів зі зниженим вмістом жиру: 15,0–17,5 МПа (150–175 кгс/см²).

Під час перебування емульсії у великому змішувачі слід уникати інтенсивного перемішування (щоб запобігти обігу фаз) і надто тривалого відстоювання (щоб уникнути розшаровування).

Порушення оптимального тиску призводить до дефектів:

- надмірний тиск — руйнуються захисні плівки, виникає коалесценція;
- занижений тиск — не забезпечується тонке диспергування, що знижує стабільність емульсії.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі експлуатації гомогенізаторів необхідно виключити підсмоктування повітря, особливо під клапани, оскільки це може призвести до збоїв у роботі клапанів і погіршення гомогенізації.

Готовий надтонкодисперсний майонез після гомогенізації відповідає заданій консистенції, стабільності та смаковим характеристикам і може бути направлений на фасування та зберігання.

Фактори, що впливають на якість готового майонезу

Окрім рецептури, на якість майонезу істотно впливають:

- Технологічні методи обробки;
- Температурні, гідродинамічні та часові режими;
- Конструктивні особливості обладнання.

Сучасні способи виробництва поділяються на:

- Періодичні — традиційні, з чітко відокремленими етапами.
- Напівбезперервні — проміжний варіант з частковою автоматизацією.
- Безперервні — максимально автоматизовані й економічно ефективні.

Напівбезперервне виробництво майонезу

До типових напівбезперервних ліній належать:

- Gilder Corp (США) — продуктивність 1 т/год;
- Cherry Burrell (США) — до 680 кг/год;
- Schroeder (Нідерланди) — широко використовується на олійно-жирових комбінатах.

Лінія «Schroeder» — приклад ефективної напівбезперервної технології

У цій системі рецептурні компоненти поділяють на чотири фази:

1. Олія.
2. Суспензія яєчного порошку в олії.
3. Розчин оцтової кислоти.
4. Суміш інших компонентів (сіль, цукор, спеції тощо).

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес приготування:

1. Попереднє емульгування:

- о Здійснюється в комбінаторі-емульгаторі, де при інтенсивній механічній дії змішуються фази 1, 2 і 4.
- о Механічна обробка забезпечує рівномірне змішування й диспергування інгредієнтів.

2. Гомогенізація:

- о Відбувається у віско-роторі — роторному гомогенізаторі.
- о Груба емульсія разом із оцтовим розчином подається у вузький зазор гомогенізатора.
- о Ротор обертається з частотою 800–900 об/хв, забезпечуючи тонке диспергування.

3. Охолодження та фасування:

Приймаємо, що цех буде орієнтований на випуск майонезу «Провансаль».

Стандартна рецептура майонезу «Провансаль» включає (в %):

Олія рослинна рафінована, дезодорована. . 65,4

Яєчний порошок. 5,0

Молоко сухе знежирене. 1,6

Гірчичний порошок. 0,75

Сода харчова. 0,05

Цукор_пісок. 1,5

Сіль кухонна. 1,0-1,3

Оцтова кислота 80%-на. 0,55-0,75

Вода. 24,15-23,65

РАЗОМ. 100,00

На лінії виробництва майонезу процес організовано таким чином: у ємність 7 подається рафінована дезодорована рослинна олія. Попередньо просіяні

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The diagram illustrates a complex industrial process for mayonnaise production. It features 20 numbered components: 1 and 2 are storage tanks; 3 is a pipe with a valve; 4 and 5 are pumps; 6 and 7 are large mixing tanks; 8 is a multi-stage heat exchanger; 9 is a smaller tank; 10 is a storage tank; 11 is a vertical heat exchanger; 12 is a pump; 13 is a tank with a stirrer; 14 is a storage tank; 15 is a pump; 16 is a pump; 17 is a hopper; 18 is a pump; 19 is a pump; and 20 is the final output line labeled 'Майонез' (Mayonnaise). The process involves multiple mixing, heating, and pumping stages.

Фаза 2 — суспензія яєчного порошку в олії. Для її приготування рослинну олію температурою 65 ± 2 °C подають із ємності 1 через об'ємний лічильник 5 і теплообмінник 3 у ємність 6, куди додають яєчний порошок. Компоненти перемішуються, після чого суміш пастеризується. Далі фаза охолоджується до 15 ± 5 °C у першому охолоджувальному циліндрі

комбінатора-теплообмінника 8 і надходить у комбінатор-емульсатор (гомогенізатор) 15.

Фаза 3 — 10% розчин оцтової кислоти, який готують у баку 2 шляхом розведення 80% оцтової кислоти водою.

Фаза 4 — суміш рослинної олії, сухого знежиреного молока, гірничного порошку та харчової соди. Компоненти змішують у ємності 7 при температурі 20 ± 5 °C і частоті обертання мішалки 0,83 об/с. Після утворення однорідної суспензії додають воду, цукор та сіль. Отриману суміш подають у розподільну ємність 9, звідки насосом-дозатором 11 вона надходить у нагрівальний циліндр комбінатора-теплообмінника 8 для пастеризації при 82 ± 2 °C з витримкою 6 хв. Потім фаза охолоджується у другому циліндрі комбінатора до 15 ± 5 °C. Тиск на виході з охолоджувальних циліндрів підтримується в межах 0,15...0,20 МПа. Після цього суміш надходить у комбінатор-емульгатор 15.

Фаза 5 — 10% розчин оцтової кислоти, попередньо підготовлений, дозується з ємності 10 насосом-дозатором 11 у роторний гомогенізатор 16, куди подається також попередня емульсія з комбінатора-емульгатора 15. Гомогенізація відбувається шляхом продавлювання суміші через зазор 0,1–1,5 мм між ротором і статором при швидкості обертання ротора 13,3...15,0 об/хв.

Готовий майонез із гомогенізатора 16 надходить у накопичувальну ємність 17, звідки гвинтовим насосом 18 подається в дозатор фасувальної машини 19. Майонез фасується у ПВХ-стаканчики по 250 г. Далі стаканчики укладаються в гофрокартонні ящики — по 4 в ряду, 3 ряди у 3 шари (усього 36 шт.). Упаковану продукцію направляють на склад, де вона зберігається при температурі від 0 до 18 °C і відносній вологості повітря не вище 76% до відвантаження споживачу.

На даній лінії холод використовується для охолодження протягом фаз 2 і 4 у комбінаторі-теплообміннику. Відповідно до рецептури протягом фази 2 суміш охолоджується від температури 65 °C до температури 15 °C, протягом

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фази 4 суміш охолоджується від температури 82 °С до температури 15 °С. Для пастеризації та охолодження використовуються спеціальні апарати пастеризатори-охолоджувачі, підібрані за необхідною продуктивністю.

Відповідно до наведеної рецептури для виробництва майонезу «Провансаль» 9 тон на добу необхідна наступна кількість інгредієнтів:

Олія рослинна рафінована, дезодорована. 5886 кг
 Яєчний порошок. 450 кг
 Молоко сухе знежирене. 144 кг
 Гірчичний порошок. 67,5 кг
 Сода харчова. 4,5 кг
 Цукор_пісок. 135 кг
 Сіль кухонна. 108 кг
 Оцтова кислота 80%-на. 58,5 кг
 Вода. 2160 кг

Виробнича лінія працює протягом 8 годин на добу.

Фаза 2 являє собою суміш рослинної олії та яєчного порошку.

Теплоємність олії 1.8 кДж/(кг·К), щільність 890 кг/м³.

Теплоємність яєчного порошку 3.81 кДж/(кгК), щільність 1015 кг/м³.

Ефективна теплоємність суміші при розрахунку 4 частини олії та 1 частина порошку:

$$C_{cm1}=5/(4/1840+1/3810)=2,05 \text{ кДж/(кг·К)}$$

Маса рослинної олії 30% от загальної маси за зміну:

$$5886 \cdot 0.3 = 1765,8 \text{ кг.}$$

Об'єм рослинної олії:

$$1765,8/890=1,98 \text{ м}^3.$$

Маса яєчного порошку 450 кг. Об'єм порошку 450/1015=0,44 м³.

Загальний обсяг продукту, що надходить за зміну на пастеризацію та охолодження $V_1=1,98+0,44=2,42 \text{ м}^3$. Маса продукту $M_1=1765,8+450=2215,8 \text{ кг}$

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від продукту у фазі 2 у процесі охолодження:

$$Q_{ф2}=M_{см} \cdot C_{см} \cdot \Delta t=2215,8 \cdot 2,05 \cdot 50=227120 \text{ кДж}$$

Фаза 4 являє собою суміш олії, сухого знежиреного молока, гірничного порошку і соди.

Теплоємність рослинної олії 1.8 кДж/(кг·К), щільність 890 кг/м³.

Теплоємність молока сухого знежиреного 2.09 кДж/(кг·К), щільність 600 кг/м³.

Теплоємність гірничного порошку 2.2 кДж/(кг·К), щільність 750 кг/м³.

Впливом соди на склад суміші нехтуємо (менше 5% складу)

Ефективна теплоємність суміші при розрахунку 25 частин олії та 2 частини сухого знежиреного молока та 1 частина гірничного порошку:

$$C_{см1}=28/(25/1840+2/2090+1/2200)=1,87 \text{ кДж/(кг·К)}$$

Маса рослинної олії 30% от загальної маси за зміну:

$$5886 \cdot 0,3=1765,8 \text{ кг.}$$

Об'єм рослинної олії:

$$1765,8/890=1,98 \text{ м}^3.$$

Маса сухого знежиреного молока 144 кг. Об'єм 144/600=0,24 м³.

Маса гірничного порошку 67,5 кг. Об'єм 67,5/750=0,09 м³.

Загальний обсяг продукту, що надходить за зміну на пастеризацію та охолодження:

$$V_2=1,98+0,24+0,09=2,31 \text{ м}^3.$$

Маса продукту $M_2=1765,8+144+67,5=1977,3 \text{ кг}$

Загальний обсяг продукту, що надходить за зміну на пастеризацію та охолодження:

$$Q_{ф2}=M_{см} \cdot C_{см} \cdot \Delta t=1977,3 \cdot 1,87 \cdot 67=247736 \text{ кДж.}$$

Як пастеризатори-охолоджувачі підбираємо трубчасті теплообмінники марки ТПО-0.5. Для пастеризації агенту в теплообмінниках використовується перегріта пара з температурою 120 °С, для охолодження – крижана вода з початковою температурою +1 °С.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крижану воду передбачається одержувати в пластинчастих теплообмінниках затопленого типу, з відведенням теплоти до агенту, що кипить при температурі -5 °С. Приймаємо підігрів крижаної води в процесі охолодження фаз $t=4$ К.

Витрата крижаної води для охолодження фази 2 (час охолодження 2 години):

$$G_{\text{л.в.1}} = Q_{\text{ф2}} / (C_{\text{л.в.}} \cdot \Delta t \cdot \tau) = 227120 / (4.19 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 3600) = 1.89 \text{ кг/с}$$

Витрата крижаної води для охолодження фази 4 (час охолодження 2 години):

$$G_{\text{л.в.2}} = Q_{\text{ф4}} / (C_{\text{л.в.}} \cdot \Delta t \cdot \tau) = 247736 / (4.19 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 3600) = 2.03 \text{ кг/с}$$

Необхідна холодопродуктивність холодильної машини для забезпечення роботи теплообмінників крижаної води (інші втрати приймаємо у розмірі 20%):

$$Q_{0\text{л.в.}} = (Q_{\text{ф2}} + Q_{\text{ф4}}) / \tau = 1,2 \cdot (126177.5 + 137693.7) / (2 \cdot 3600) = 44,1 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Будівельно-ізоляційна конструкція камер

На підприємстві буде розташовано три камери тимчасового зберігання готового продукту місткістю по 50 тон кожна. Розрахунок камер проводимо згідно методичним вказівкам [3]

Вантажний обсяг камери

$$V_b = \frac{G}{g_v} \left[\text{м}^3 \right], \quad (3.1)$$

де G - маса збереженого продукту, т;

g_v - норма завантаження одиниці вантажного обсягу, т/м³.

Вантажна площа камер

$$F_b = \frac{V_b}{h_b} \left[\text{м}^2 \right], \quad (3.2)$$

де h_b - висота складування продукту, м.

Приймаємо для камер $h_b=3$ м, з розрахунку будівельної висоти $h_{б\text{уд}}=6$ м.

Будівельна площа камер

$$F_b = \frac{F_{\text{б}}}{\beta} \left[\text{м}^2 \right] \quad (3.3)$$

де β - коефіцієнт використання будівельної площі камери, приймаємо для всіх камер $\beta=0.75$.

Приймаємо крок колон 6×6 м, тоді площа будівельного прямокутника складе $F_{\text{бп}}=6 \cdot 6=36 \text{ м}^2$

Визначаємо число будівельних прямокутників

$$n_{\text{бп}} = \frac{F_b}{F_{\text{бп}}} \quad (3.4)$$

де $n_{\text{бп}}$ - округлене до цілої величини число будівельних прямокутників.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна місткість камер збереження:

$$G_k = n_{бп} \cdot F_{бп} \cdot \beta \cdot h_v \cdot g_v \quad (3.5)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю:

	G, т	g _v , т/м ³	V _v , м ³	h _v , м	F _v , м ²	β	F _б , м ²	F _{бп} , м ²	n _{бп}	G _k , т	n _б
Кам №1	50	0,7	71,4	3	23,8	0,75	31,7	36	1	56,7	0,88
Кам №2	50	0,7	71,4	3	23,8	0,75	31,7	36	1	56,7	0,88
Кам №3	50	0,7	71,4	3	23,8	0,75	31,7	36	1	56,7	0,88

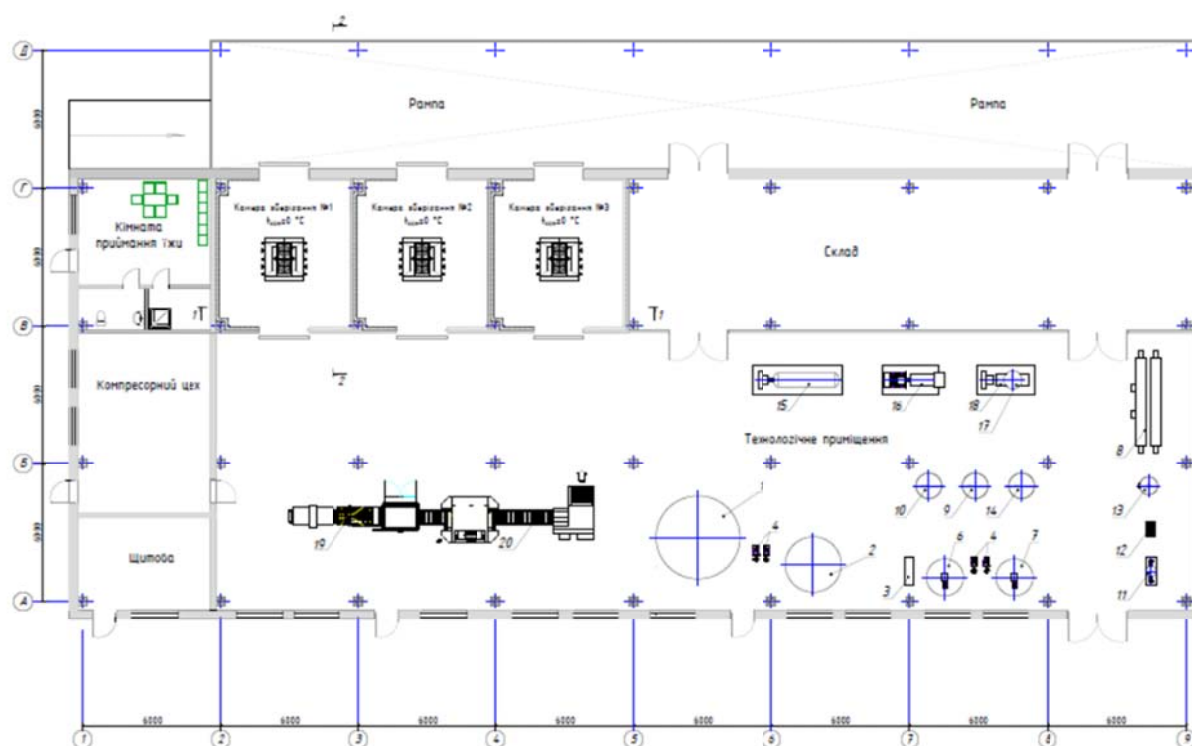


рис.3.1 – План цеху по виробництву майонезу

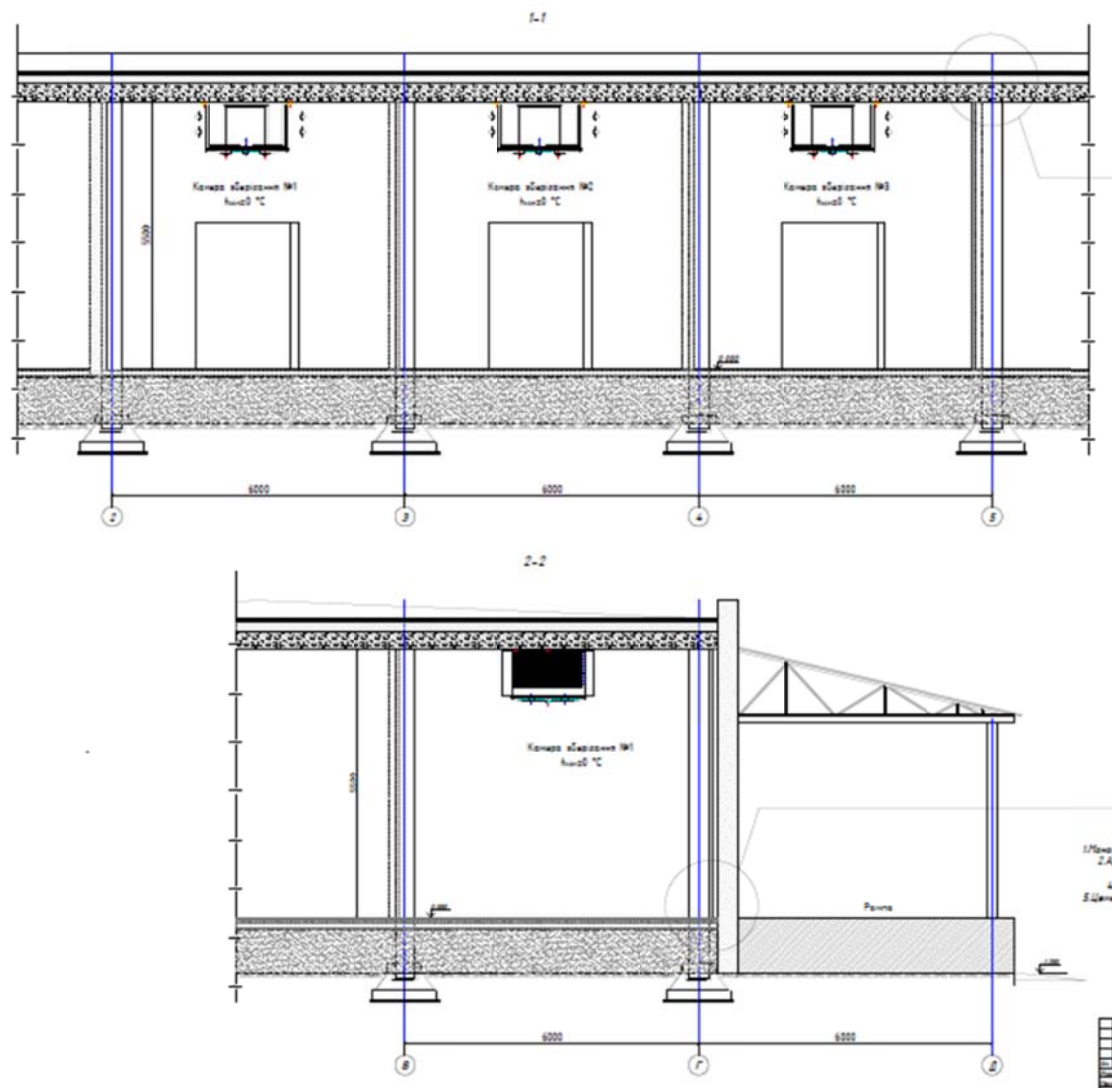


рис.3.2 – Розрізи по камерах зберігання продукції

Визначення коефіцієнтів теплопередачі для перекриття холодильника:

Для зовнішніх стін

$$k_{zc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+t_k)} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (3.6)$$

де t_k – температура в камері, °C.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3

Арк.

24

Для стелі

$$k_{\text{бп}} = 0.95 \cdot k_{\text{нс}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right] \quad (3.7)$$

Для внутрішніх стін і перегородок, що відокремлюють охолоджувані приміщення від не охолоджуваних але і не опалювальних

$$k_{\text{но}} = 1.18 \cdot k_{\text{нс}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right] \quad (3.8)$$

Для внутрішніх стін, перегородок і міжповерхових перекриттів, між охолоджуваними приміщеннями

$$k_{\text{вн}} = \frac{1}{2 + 0.07 \cdot \Delta t_{\text{п}}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (3.9)$$

де $\Delta t_{\text{п}}$ – різниця між температурами повітря більш теплого і холодного охолоджувальних приміщень по обидва боки огороження.

Для підлоги, що обігрівається, приймаємо значення таке ж, як для зовнішніх стін.

Результати розрахунків зводимо в таблицю:

	$t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$	$K_{\text{зе}}$	$K_{\text{с}}$	$K_{\text{нп}}$	$K_{\text{вн}}$
Кам №1	0	0,386	0,366	0,455	0,500
Кам №2	0	0,386	0,366	0,455	0,500
Кам №3	0	0,386	0,366	0,455	0,500

Визначення товщини теплоізоляційного матеріалу.

Розрахункова товщину теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}} = \left[\frac{1}{k^*} - R \right] \cdot \lambda_{\text{із}} \text{ [м]}, \quad (3.10)$$

де k^* - коефіцієнт теплопередачі відповідного огороження;

R – сумарний термічний опір

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \left[\text{м}^2\text{К} / \text{Вт} \right], \quad (3.11)$$

α_3 , α_k - розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі із зовнішнього і внутрішнього боку огорожі. Приймаємо коефіцієнти тепловіддачі із таблиці;

δ_i , λ_i - товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару конструкції огорожі. Приймають у залежності від обраної ізоляційної конструкції ;

λ_{iz} - розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності вибраного ізоляційного матеріалу огорожі. Обраний матеріал пінополіуретан пінополістирол ПСБ-С, $\lambda=0.035 \text{ Вт/(мК)}$, плити товщиною по 40 мм.

Коефіцієнти тепловіддачі біля поверхонь огороження холодильних камер:

Огородження	α , Вт/(м ² К)
Зовнішні поверхні холодильника	23
Внутр. поверхні камер зберігання з повітряним охолодженням	9
Внутр. поверхні неохолоджуваних і опалювальних приміщень, що межують з холодильними камерами	8
Внутрішні поверхні камер холодильної обробки	11

Будівельна конструкція зовнішніх огорожень камер:

№пп	Найменування	Товщина δ , м	Коеф. теплопр-ті λ , Вт/(мК)
Зовнішні стіни $R=0.653 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$			
1	Штукатурка вапняна	0.02	0.75
2	Пінополістирол ПСБ-С	?	0.035
3	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
4	Цегла	0.38	0.82
Стеля $R=0.409 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$			
1	П'ять шарів гідроізолю	0.012	0.3
2	Стяжка з бетону	0.04	1.8
3	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
4	Пінополістирол ПСБ-С	?	0.035
5	Залізобетонна плита	0.35	2.04
Внутрішні стіни $R=0.489 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$			

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	Цегла	0.19	0.82
2	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
3	Пінополістирол ПСБ-С	?	0.035
4	Штукатурка вапняна	0.02	0.75
Підлога з підігрівом $R=0.55 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$			
1	Монолітне бетонне покриття	0.04	1.86
2	Армобетоне стягування	0.08	1.86
3	Пінополістирол ПСБ-С	?	0.15
4	Поліетиленова плівка	0.001	0.25
5	Цементний піщаний розчин	0.025	0.98
6	Пісок ущільнювача	0.2	0.58
7	Бетонна підгонка з електро-нагрівачами		

Знаючи структуру і матеріал стіни, визначаємо товщину теплоізоляції для кожної огорожі, округлюємо її до найближчої більшої товщини кратній товщині плити і розраховуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження.

Результати розрахунку зводимо в таблицю:

	$\delta'_{з.с.}, \text{ м}$	$\delta_{з.с.}, \text{ м}$	$K_{дзс}$	$\delta'_{с.}, \text{ м}$	$\delta_{с.}, \text{ м}$	$K_{дс}$	$\delta'_{в.с.}, \text{ м}$	$\delta_{в.с.}, \text{ м}$	$K_{двс}$
Кам №1	0,068	0,08	0,340	0,081	0,08	0,371	0,060	0,08	0,360
Кам №2	0,068	0,08	0,340	0,081	0,08	0,371	0,060	0,08	0,360
Кам №3	0,068	0,08	0,340	0,081	0,08	0,371	0,060	0,08	0,360

	$\delta'_{пер.}, \text{ м}$	$\delta_{пер.}, \text{ м}$	$K_{дпер}$	$\delta'_{п.}, \text{ м}$	$\delta_{п.}, \text{ м}$	$K_{дп}$
Кам №1	0,053	0,08	0,360	0,071	0,08	0,353
Кам №2	0,053	0,08	0,360	0,071	0,08	0,353
Кам №3	0,053	0,08	0,360	0,071	0,08	0,353

4 Визначення теплового навантаження камер

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування визначають підсумуванням усіх теплопритоки за формулою (3.1).

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

де Q_1 – теплопритоки через огороження охолоджувальних об'єктів;

Q_2 – теплопритоки від холодильної обробки вантажів, що перебувають в охолоджувальному об'єкті;

Q_3 – теплопритоки, що надходять із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджувальних об'єктів;

Q_4 – теплопритоки від різних джерел, що з'являються при експлуатації охолоджувальних об'єктів;

Q_5 – теплопритоки від дихання охолоджених плодів і овочів при їхній холодильній обробці і збереженні, або теплопритоки від інших хімічних реакцій усередині охолоджувального об'єкта.

Розрахунок теплопритоків через огороження

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} \text{ [Вт]}, \quad (4.2)$$

де Q_{1T} – теплопритоки від різниці температур по обох боках огороження, визначається з виразу (3.3);

Q_{1C} – теплопритоки від сонячного опромінення зовнішніх огорожень, визначається з виразу (3.4).

$$Q_{1T} = kF(t_3 - t_k) \text{ [Вт]}, \quad (4.3)$$

де k – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для даної огорожі;

F – площа поверхні даної огорожі;

t_3 – температура навколишнього середовища або сусіднього теплішого приміщення;

t_k – температура охолоджуваного об'єкту.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1c} = kF\Delta t_c \text{ [Вт]}, \quad (4.4)$$

де Δt_c – надмірна різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації в літній час, визначаємо за формулою (3.5).

$$\Delta t_c = p \frac{q_c \varepsilon_c}{\alpha_n} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (4.5)$$

де p – коефіцієнт проникності, залежний від масивності огорожі, що опромінюється сонцем, приймаємо для масивних $p=0.75$.

q_c – розрахункова напруга сонячної радіації для літнього періоду, Вт/м²;

ε_c – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею огорожі, зовнішні стіни – біла вапняна побілка, стеля – світлий руберойд.

α_n – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні огорожі в навколишнє середовище, приймаємо $\alpha=23$ Вт/(м²·К).

У нашому випадку, для зменшення теплопритоків, камери будуть розташовані таким чином, що зовнішні стінки камер будуть орієнтовані на північ. Там буде розташовано автомобільну вантажну рампу під навісом. Всі інші стінки будуть внутрішніми.

Тому, теплоприток від сонця в камери буде потрапляти тільки через стелю.

	q_c Вт/м ²	ε	p	α_n , Вт/(м ² ·К)	Δt_c , °C
Стеля	789	0,72	0,75	23	18,52

Розрахунок теплопритоків крізь огороження камер

	K, Вт/(м²К)	F, м²	tк, °C	Δt, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
Кам. №1						
Північ	0,34	36,00	0	30	0	367
Схід	0,36	36,00	0	21	0	272
Схід	0,36	36,00	0	0	0	0
Південь	0,360	36,00	0	21	0	272
Захід	0,245	36,00	0	21	0	185
Підлога	0,353	36,00	0	1	0	13
Стеля	0,371	36,00	0	30	18,52	648
Сумарні теплопритоки по камері №1, ΣQ1, Вт						1758
Кам. №2						
Північ	0,34	36,00	0	30	0	367
Захід	0,36	36,00	0	0	0	0
Південь	0,36	36,00	0	21	0	272
Схід	0,36	36,00	0	0	0	0
Підлога	0,353	36,00	0	1	0	13
Стеля	0,371	36,00	0	30	18,52	648
Сумарні теплопритоки по камері №2, ΣQ1, Вт						1300
Кам. №3						
Північ	0,34	36,00	0	30	0	367
Захід	0,36	36,00	0	0	0	0
Південь	0,36	36,00	0	21	0	272
Схід	0,36	36,00	0	21	0	272
Підлога	0,353	36,00	0	1	0	13
Стеля	0,371	36,00	0	30	18,52	648
Сумарні теплопритоки по камері №3, ΣQ1, Вт						1572

Розрахунок теплопритоків від вантажів при їх холодильній обробці

$$Q_{2в} = \frac{G_{\text{в}}(h_1 - h_2)\tau_{\text{ц}}}{0.0864\tau_{\text{р}}} [\text{Вт}], \quad (4.6)$$

де $G_{\text{в}}$ – добове додавання вантажу на холодильну обробку, т/доб.;

$(h_1 - h_2)$ – різниця ентальпій вантажу, відповідних початковій і кінцевій температурам продукту (кДж/кг).

$\tau_{\text{ц}}$ – тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту, год;

$\tau_{\text{р}}$ – тривалість робочого періоду, тобто фактичний час, впродовж якого споживається холод, год.

Добове надходження вантажу в усі камери зберігання приймається 100 % від місткості камер.

Початкова температуру надходження вантажу в камери збереження згідно технології дорівнює 8 °С.

Тривалість холодильної обробки приймаємо безперервну, тоді $\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{р}}$.

Теплопритокі від тари

$$Q_{2т} = \frac{G_{\text{т}}c_{\text{т}}\Delta t_{\text{п}}\tau_{\text{ц}}}{0.0864\tau_{\text{р}}} [\text{Вт}] \quad (4.7)$$

де $G_{\text{т}}$ – добове надходження тари на холодильну обробку, т/доб.;

$c_{\text{т}}$ – питомі теплоємності тари, при відповідних температурах, кДж/(кг·К).

Величину $G_{\text{т}}$ приймаємо 10% від добового надходження продукту (для картонної тари).

Сумарні теплопритокі від вантажу: $Q_2 = Q_{2в} + Q_{2т}$, Вт.

Результати розрахунку зводимо в таблицю:

	$G_{\text{в}}$, т/д	$G_{\text{т}}$, т/д	$h_{\text{п}}$, Дж/кг	$h_{\text{к}}$, Дж/кг	$C_{\text{т}}$	$\Delta t_{\text{п}}$	$Q_{2в}$, Вт	$Q_{2т}$, Вт	Q_2 , Вт
Кам №1	56,70	5,67	248	236	1,4	8	7875	735	8610
Кам №2	56,70	5,67	248	236	1,4	8	7875	735	8610
Кам №3	56,70	5,67	248	236	1,4	8	7875	735	8610

Розрахунок теплопритоків при вентиляції камери

Теплопритокі від вентиляції в камеру зберігання охолоджених вантажів визначаються по формулі:

$$Q_3 = 20 \cdot n \cdot \rho_k \cdot (h_n - h_k) / 3.6 \text{ [Вт]}, \quad (4.8)$$

де ρ_k – щільність повітря при температурі і відносній вологості камери, кг/м³;

h_n, h_k – ентальпії повітря при температурі зовнішній і камери, кДж/кг.

n – кількість людей, які працюють у камері, чел.

Результати розрахунку зводимо в таблицю:

	h_n , Дж/кг	h_k , Дж/кг	ρ , кг/м ³	n	Q_3 , Вт
Кам №1	74	3	1,1	2	868
Кам №2	74	3	1,1	2	868
Кам №3	74	3	1,1	2	868

Розрахунок експлуатаційних теплопритоків від різних джерел

До експлуатаційних відносять теплопритокі різних за походженням джерел теплоти, що виникають при експлуатації охолоджуваних приміщень.

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

де Q_4' – теплоприток від електричного освітлення;

Q_4'' – теплоприток від електричних двигунів;

Q_4''' – теплоприток від працюючих людей;

Q_4'''' – теплоприток від відкривання дверей.

Розрахунок теплопритоків від електричного освітлення

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

де $F_{б\text{уд}}$ – будівельна площа охолоджувального приміщення;

$J_{св}$ – коефіцієнт одночасної роботи світильників. Приймаємо у всіх камерах дві зони $J_{св}=0,67$;

q_4' – питома потужність світильників загального освітлення. Для складських приміщень приймаємо $q_4' = 3 \text{ Вт/м}^2$.

Розрахунок теплопритоків від електричних двигунів

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

де $J_{\text{дв}}$ – коефіцієнт одночасності роботи устаткування з електродвигунами ($J_{\text{дв}} = 0.4 \dots 1$). Приймаємо $J_{\text{дв}} = 0.4$.

$N_{\text{дв}}$ – розрахункова потужність електродвигуна, кВт.

Так як розрахунок теплопритоків ведуть при проектуванні охолоджувального об'єкта, то на цьому етапі роботи ще не відомі потужності електродвигунів устаткування, у цьому випадку ведемо розрахунки по виразу:

$$\Sigma N_{\text{дв}} = 1.2(Q_1 + Q_2 + Q_3)m, \quad (4.13)$$

де $(Q_1 + Q_2 + Q_3)$ – сума розрахованих теплопритоків для даної камери;
 m – коефіцієнт, зумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодовидатності повітроохолоджувача.

Коефіцієнт m для камер збереження з повітряним охолодженням приймаємо $m = 0.06$

Розрахунок теплопритоків від працюючих людей

$$Q_4''' = q_4''' n [\text{Вт}], \quad (4.14)$$

де q_4''' – тепловиділення однієї працюючої людини, Вт.

n – число працюючих.

Число працюючих в усіх камерах приймаємо $n = 2$.

$$q_4''' = 270 - 6t_k \quad (4.15)$$

Розрахунок теплопритоків при відкриванні дверей

$$Q_4'''' = V F_{\text{буд}} [\text{Вт}], \quad (4.16)$$

де V – питома витрата холоду при відкриванні дверей, Вт/м^2 .

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питома витрата холоду на відкривання дверей:

	Площа приміщення, м ²		
	Менше 50	50...150	Більш за 150
Камери зберігання заморожених вантажів	13	7	5
Камери зберігання охолоджених вантажів	17	9	7

Результати розрахунку зводимо в таблицю:

	$j_{св}$	$Q_4', Вт$	$j_{дв}$	$\Sigma N_{дв}, Вт$	$Q_4'', Вт$	n , чол	$Q_4''', Вт$	B	$Q_4'''', Вт$	$Q_4, Вт$
Кам №1	0,67	72	0,4	871	348	2	540	17	612	1573
Кам №2	0,67	72	0,4	905	362	2	540	17	612	1587
Кам №3	0,67	72	0,4	992	397	2	540	17	612	1621

Навантаження на охолоджувальні прилади камер приймаються у розмірі 100% від розрахункових:

	$Q_1, Вт$	$Q_2, Вт$	$Q_3, Вт$	$Q_4, Вт$	$Q_5, Вт$	$Q_0, Вт$
Кам №1	1758	8610	0	1573	0	11940
Кам №2	1300	8610	868	1587	0	12365
Кам №3	1572	8610	1623	1621	0	13426

Навантаження на компресори: Q_1 , Q_3 , Q_5 у розмірі 100% від розрахункових, Q_2 у розмірі 100% від розрахункових, Q_4 у розмірі 60% від розрахункових:

	$Q_1, Вт$	$Q_2, Вт$	$Q_3, Вт$	$Q_4, Вт$	$Q_5, Вт$	$Q_0, Вт$
Кам №1	1758	8610	0	944	0	11311
Кам №2	1300	8610	868	952	0	11730
Кам №3	1572	8610	1623	973	0	12778

Визначення холодопродуктивності компресорів

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для уніфікації устаткування в кожній камері будуть встановлені хладонові стельові повітроохолоджувачі з розрахунковою холодопродуктивністю 6.7 кВт. Навантаження на компресора приймаємо 12,8 кВт. Розрахункове теплове навантаження на компресора, визначається з урахуванням коефіцієнта робочого часу компресора b і втрат холоду в системі k :

$$Q_{0 \text{ комп}} = k \cdot Q_{0к} / b, \text{ кВт} \quad (4.17)$$

Приймаємо з урахування втрат в системі при безпосередньому охолодженні у розмірі 5 % та коефіцієнта робочого часу $b=0.8$:

$$Q_{0 \text{ комп}2} = 1,05 \cdot 12,8 / 0,8 = 16,8 \text{ кВт}$$

Так як теплообмінники для отримання крижаної води та повітроохолоджувачі у камерах зберігання будуть працювати при загальній температурі кипіння -6°C , то приймаємо для забезпечення роботи споживачів одноступеневу централізовану хладонову холодильну машину, яка буде працювати на базі агенту R404a. Загальне теплове навантаження на компресора складе:

$$Q_{0 \text{ комп}} = 44,1 + 16,8 = 60,9 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Варіантні теплові розрахунки холодильної машини

Спочатку історії появи холодильної техніки в якості робочих тіл використовувався аміак, вода, повітря та інші натуральні речовини. Однак, дані робочі тіла несли певну загрозу для здоров'я людини при розгерметизації холодильних систем. Це стало поштовхом для пошуку оптимального робочого тіла, яке є вогнебезпечним та неотруйним.

Так в 1928 році було відкрито дихлордифторметан, який пізніше отримав назву R-12. Дана речовина володіла всіма вищеописаними характеристиками та отримала широкий спектр застосування в холодильній техніці. Після цього R-12 витіснив майже всі натуральні робочі тіла, окрім аміаку та було відкрито промислове виробництво інших хлорфторуглеців. Починаючи з 1935 року на ринок виходить холодильний агент дифторхлорметан (R22), який відноситься до категорії гідрохлорфторуглеців та до початку 1980-х років робочі тіла категорій хлорфторуглеців та гідрохлорфторуглеців займали домінуюче положення в кліматичній промисловості та розглядались як речовини, що мають тільки переваги в порівнянні з іншими.

З усіх раніше запропонованих холодильних агентів, аміак (R717) має найвищі термодинамічні та економічні властивості в порівнянні з агентами категорій хлорфторуглеців та гідрохлорфторуглеців, та витримав конкуренцію і використовується до теперішнього часу.

Однак к 1980-м рокам, коли вчені ряду країн почали займатись питаннями вивчення впливу хлорфторуглеців та гідрохлорфторуглеців на оточуюче середовище, ці робочі тіла стали предметом турбування. Причиною став той факт, що дані речовини підвищують парниковий ефект та руйнують озоновий шар.

В 1987 році згідно з програмою ООН по оточуючому середовищу вступив в дію «Монреальський протокол» по речовинам, що руйнують

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

озоновий шар(R12, R22 та ін.), який передбачає поступовий перехід з хлорфтовуглеців та гідрохлорфторвуглеців на натуральні речовини.

На даний момент повністю виконати даний перехід не вийшло, хоч і певні результати маються. Почали випускати в промислових масштабах агенти, які менше впливають на оточуюче середовище, але все одно, вони не забезпечують повне виключення впливання на оточуюче середовище.

За шкалою «небезпеки» робочих тіл, дифторхлорметан (R22) відноситься до 4-го класу небезпеки. Дане робоче тіло має наркотичний вплив, визиває слабкість, що переходить в збудження, сплутаність свідомості, сонливість, при великих концентраціях – задуха. При потраплянні на шкіру рідкий дифторхлорметан може викликати «обмороження» (бульбашки, некроз).

R22 є інертним по відношенню до вогню та є вибухобезпечним, однак при контакті з полум'ям виділяє отруйні речовини такі, як фосген COCl_2 , що використовувався як бойова отруйна речовина в роки першої світової війни.

Під впливом температур вище 400°C може розпадатись та виділяти високотоксичні продукти: тетрафторетилен (4-й клас небезпеки), хлористий водень (2-й клас небезпеки) та фтористий водень (1-й клас небезпеки).

При температурах $180-380^\circ\text{C}$ та вище, за рахунок термоокислюваної реакції в оточуюче середовище виділяються такі речовини: фтороводень, тетрафторетилен, 2-трифторметил, пентафторпропен та ін.

Температура кипіння при н.у = -41°C

Потенціал озоноруйнування (ODP) = 0,05;

Потенціал глобального потепління (GWP) = 1700.

З усіх систем, які працюють на даному робочому тілі, більш за всіх заміни потребують системи реконденсації газів тому, що вони є дуже великооб'ємними по холодильному агенту. В зв'язку з важкою екологічною ситуацією було запропоновано декілька наступних робочих тіл на заміну R22:

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аміак (NH_3) – R717 - безбарвний газ із з характерним різким запахом нашатирного спирту. При охолодженні до $-33,4^\circ\text{C}$ аміак під звичайним тиском перетворюється в прозору рідину, що твердіє при $-77,8^\circ\text{C}$. Розчиняється у воді, ефірі та інших органічних розчинах. Один об'єм води поглинає близько 750 об'ємів аміаку (при 20°C та 1 атм). Корозійний для деяких металів. Основними ознаками відправлення парами аміаку можна віднести кашель, задишку, відчуття важкості у грудях, спазми гортані. Нерідко виникає збуджений стан, галюцинації, нудота і блювота, набряк органів дихання. В результаті прямого контакту може виникнути опікового ураження очей. З точки зору робочого тіла в холодильній техніці є дуже конкурентноспроможним в широкому діапазоні температур тому, що має дуже високі термодинамічні показники та найменшу вартість на світовому ринку.

Мінімальна температура займання з повітрям = 651°C ;

Потенціал озоноруйнування (ODP) = 0;

Потенціал глобального потепління (GWP) = 0;

Клас небезпеки – 4.

Також було запропоновано замінити R22 на речовини тієї ж категорії, але ті, що були створені як більш безпечна заміна при майже однакових теплофізичних властивостях, це такі агенти як: R407C та R402A.

Дані речовини мають наступні показники:

R407C (R-32/125/134a(23%/25/52)) :

Температура кипіння при н.у = -44°C

Потенціал озоноруйнування (ODP) = 0;

Потенціал глобального потепління (GWP) = 1370.

Клас небезпеки – 4.

R402A (R-125/290/22 (60%/2/38)):

Температура кипіння при н.у = -49°C

Потенціал озоноруйнування (ODP) = 0,02;

Потенціал глобального потепління (GWP) = 2380.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клас небезпеки – 4.

R404A (R-125/143a/ 134a (44%/52/4)):

Температура кипіння при н.у = -47°C

Потенціал озоноруйнування (ODP) = 0;

Потенціал глобального потепління (GWP) = 3850.

Клас небезпеки – 4.

Необхідно зробити порівняльний аналіз роботи холодильної машини, яке забезпечує роботу повітроохолоджувачів, на двох різних холодильних агентах: аміак R717 і хладон R404a.

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуватимуться повітряні конденсатори. Температура конденсації для повітряних конденсаторів приймається на 10-12 °C вище за розрахункову температуру зовнішнього повітря:

$$t_k = 32 + 10 = 42 \text{ °C}$$

Як прилади охолодження в камерах будуть використані підвісні повітроохолоджувачі. Температура кипіння агента в таких апаратах приймається на 7-10 °C нижче за розрахункову температуру повітря в камері.

Компресора будуть використані напівгерметичні, тому сумарний перегрів на всмоктуванні приймаємо з урахуванням підігріву на обмотках компресора $\Theta = 10 \text{ K}$ при роботі на фреоні R404a, та $\Theta = 5 \text{ K}$ при роботі на аміаку.

При роботі на фреоні R404a, який використовуватиметься як холодильний агент, немає необхідності в додатковому перегріві на всмоктуванні, для забезпечення безпечної роботи компресорів, тому регенеративний теплообмінник в системі відсутній.

Тепловий розрахунок буде проводитись за наступними даними:

- температура кипіння агенту $t_0 = -6 \text{ °C}$;
- потрібна холодопродуктивність $Q_{0 \text{ комп}} = 60.9 \text{ кВт}$;

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- температура конденсації агента $t_k=42\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- сумарний перегрів на всмоктуванні $\Theta=5$ або $10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- переохолодження після конденсатора $\Delta t_{\text{по}}=5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

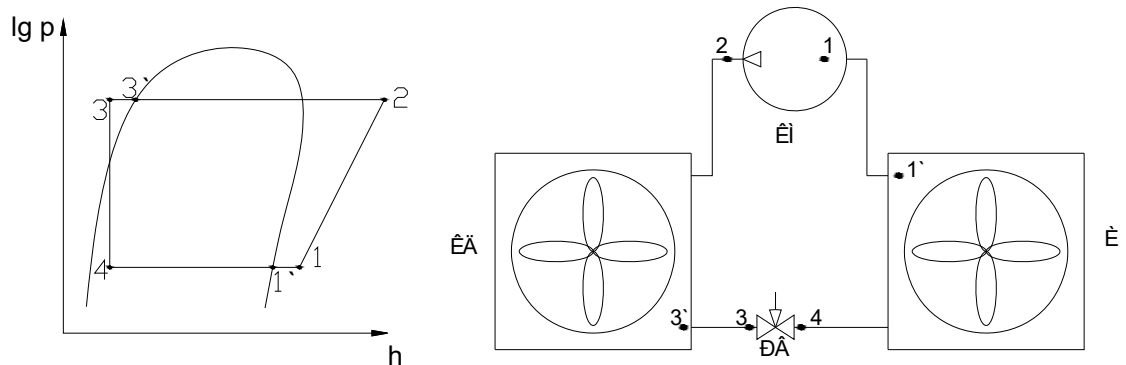


рис. 5.1 – Термодинамічний цикл і умовна схема холодильної машини

Процеси, які зображено в циклі:

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

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 \quad (5.1)$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 \quad (5.2)$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l=h_2-h_1 \quad (5.3)$$

Масова витрата агента:

$$M_a=Q_0/q_0 \quad (5.4)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d=M_a \cdot v_1 \quad (5.5)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_c=1-0.03 \cdot [(P_k/P_0)^{1/m}-1] \quad (5.6)$$

$$\lambda'_w=(T_0+\Theta)/(\alpha \cdot T_k+\beta \cdot \Theta)$$

$$\lambda=\lambda_c \cdot \lambda'_w$$

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h=V_d/\lambda \quad (5.7)$$

Адiabатна потужність компресора:

$$N_a=M_a \cdot l \quad (5.8)$$

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індикаторний ККД компресора:

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot t_0 \quad (5.9)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / \eta_i \quad (5.10)$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{тр} \quad (5.11)$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} \quad (5.12)$$

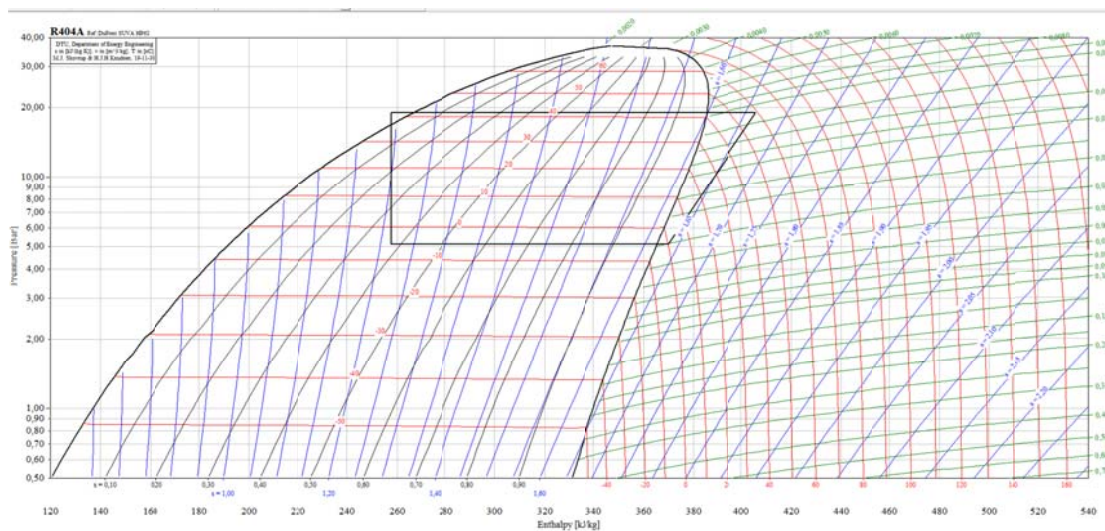
Електрична потужність компресора:

$$N_{ел} = N_e / \eta_{ел} \quad (5.13)$$

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

Розрахунки проводимо за допомогою пакета Coolpack.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	4,088	4,961	0,042576	373,700	1,6509
2	64,374	19,049	0,011446	411,594	1,6793
3	64,374	19,049	0,011446	411,594	1,6793
4	36,706	19,049	N/A	257,795	N/A
5	N/A	4,961	N/A	257,795	N/A
6	4,088	4,961	0,042576	373,700	1,6509
15	N/A	19,049	N/A	257,795	N/A

Select cycle number:
2 (1)

Delete cycle

Values:

Evaporating temperature [°C]:	-6,00	Condensing temperature [°C]:	42,00
Superheat [K]:	10,00	Subcooling [K]:	5,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]:	0,75		

Calculated:

Qe [kJ/kg]:	115905
Qc [kJ/kg]:	153798
COP:	3,06
W [kJ/kg]:	37893
Pressure ratio [-]:	3840

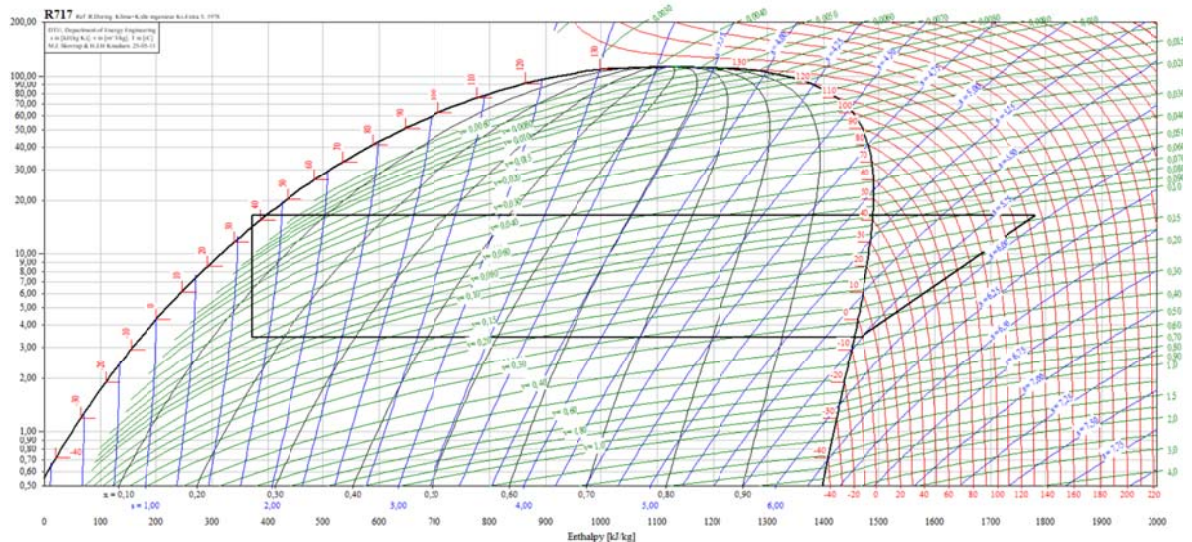
Dimensioning:

Qe [kW]:	60,900
Qc [kW]:	80,810
m [kg/s]:	0,52543035
V [m ³ /h]:	80,5337
W [kW]:	19,910
Q loss [kW]:	0,000

Volumetric efficiency:

n _v vol:	0,00
Displacement [m ³ /h]:	0

Рис. 5.1 - Розрахункові параметри циклу на хладону R404a



Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-1,000	3,412	0,367867	1466,818	5,7432
2	145,837	16,429	0,118627	1782,184	5,9386
3	145,837	16,429	0,118627	1782,184	5,9386
4	37,000	16,429	N/A	372,094	N/A
5	-6,000	3,412	N/A	372,094	N/A
6	-1,000	3,412	0,367860	1466,818	5,7432
15	N/A	16,429	N/A	372,094	N/A

Cycle info [One stage]. Refrigerant: R717

Select cycle number:
1 (1)

Delete cycle

Values:

Evaporating temperature [°C]:	-6,00	Condensing temperature [°C]:	42,00
Superheat [K]:	5,00	Subcooling [K]:	5,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]:	0,75		

Calculated:

Qe [kJ/kg]:	1094,724
Qc [kJ/kg]:	1410,090
CDP:	3,47
W [kJ/kg]:	315,366
Pressure ratio [-]:	4,815

Dimensioning:

Qe [kW]:	60,900
Qc [kW]:	78,444
m [kg/s]:	0,05563049
V [m ³ /h]:	73,6726
W [kW]:	17,544
Q loss [kW]:	0,000

Volumetric efficiency

n_{vol}: 0,00

Displacement [m³/h]: 0

Рис. 5.2 - Розрахункові параметри циклу на аміаку

Витрати на електроенергію для компресорної холодильної установки з електроприводом можна визначити по формулі:

$$C_{\text{ел}} = \Sigma N_y \cdot \eta_z \cdot \eta_e \cdot \eta_{\text{доп}} \cdot T \cdot \Pi_{\text{ел}} \quad (5.13)$$

де: ΣN_y – встановлена потужність холодильної установки (компресора, насоса і вентилятора градирні, ел/дв. повітроохолоджувачів) кВт;

$\eta_z \cdot \eta_e \cdot \eta_{\text{доп}}$ -- коефіцієнти 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 ($T = 5000 \dots 8000$);

$\Pi_{\text{ел}}$ - вартість 1 кВт/год електроенергії, яка споживається на підприємстві, грн/кВт·год.

Для порівняння приймаємо, що все допоміжне устаткування споживає приблизно однакову кількість електроенергії, тому його можна не враховувати при порівнянні.

Відповідно, річні витрати на електроенергію:

- для хладона $C_{\text{ел}} = 19.91 \cdot 0.85 \cdot 1.05 \cdot 1.1 \cdot 8000 \cdot 6.7 = 1047700$ грн.
- для аміаку $C_{\text{ел}} = 17.54 \cdot 0.85 \cdot 1.05 \cdot 1.1 \cdot 8000 \cdot 1.7 = 922986$ грн.

Зробимо підбір повітроохолоджувачів для камер зберігання по безканальній системі:

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

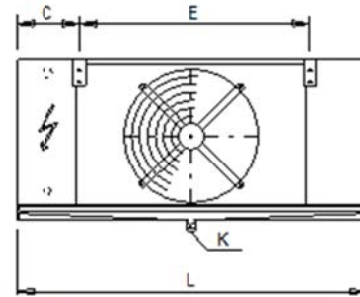
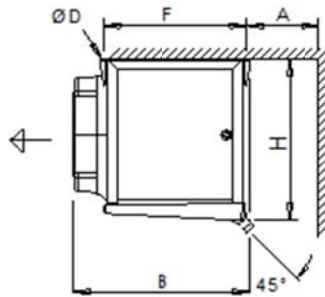
Позиция:
Контактное лицо:

Испытатель (насосная ст.) AGHN 045.2F/110-ANW/36P.E Только для расчета!

Мощность:	7.0 kW ⁽¹⁾	Хладагент:	NH3 (R717) ⁽²⁾
Резерв поверхности:	10.1 %	Т кипения:	-6.0 °C
Объемн. расход возд.:	5400 m³/h	Кр-ть циркуляции (гравитаци.):	1.5
Воздух на входе:	2.0 °C		
Воздух на выходе:	-0.9 °C		
Давление воздуха:	1013 mbar		
Вентиляторы (AC):	1 шт. 1~230V 50Hz	Термоконтакт:	внутренний/внешний
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звукового давления:	56 dB(A) в 3.0 m ⁽³⁾
Скор. вращ.:	1360 min-1	Уровень звуковой мощности:	78 dB(A)
Мощность (мех./эл.):	0.30 kW/0.47 kW	Струя воздуха:	около 15 m ⁽⁴⁾
Потребл. ток:	2.20 A ⁽⁵⁾	Иней:	0.0 mm
ЕнР:	Compliant ⁽⁶⁾		
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Нерж. сталь AISI 304 ⁽⁷⁾
Площадь пов-ти:	32.6 m²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁷⁾
Объем труб:	12.7 l	Вход:	21.3 * 2.00 mm
Шаг оребрения:	10.00 mm	Выход:	33.7 * 2.60 mm
Вес (пустой):	79 kg ⁽⁸⁾	Нходов:	36
Макс рабочее давление:	32.0 bar	PED classification:	Категория I, module A ⁽⁹⁾

Размеры:

L = 1360 mm
B = 810 mm
H = 660 mm
E = 890 mm
F = 700 mm
C = 240 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):

Стоимость аппарата: 1 3156.00 EUR 3156.00 EUR

Всего (прайс-лист без НДС, включ. упаковку) Расчет производится в отделе калькуляции

Условия поставки:

Условия оплаты:

Срок изготовления: 13 недель⁽¹⁰⁾ (Состояние: 2017-12-20)

Срок действия предл.:

Действуют наши стандартные условия оплаты и поставки!

Important remarks / explanatory notes:

- (1) Capacity databased on Eurovent wet coil factor
- (2) Fluidgroup 1 according to pressure equipment directive 2014/68/EU
- (3) При использовании метода оценки поперечности согласно норм EN 13487
- (4) Расстояние, при котором скорость воздушного потока в идеальной камере составляет 0.5 m/s. Фактическая длина струи воздушного потока в холодильной камере зависит от размеров камеры и других факторов.
- (5) Потребляемый ток может изменяться в зависимости от температуры воздуха и подаваемого напряжения (согласно норм VDE).
- (6) This unit is equipped with fans that meet the efficiency requirements of Directive 2009/125/EC (ErP Directive).

рис.5.3 - Характеристики аміачного повітроохолоджувача

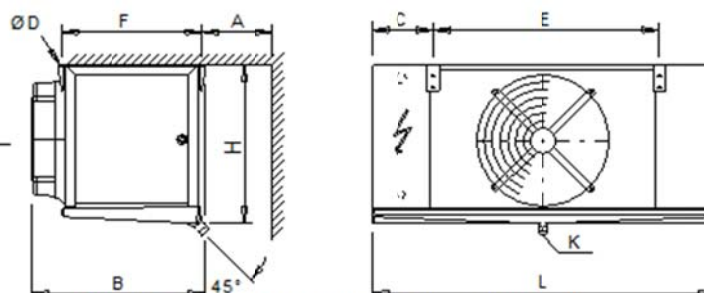
Дата: 2019-12-01
Запрос от:
Проект:
№ предложения:
Позиция:
Контактное лицо:

Испаритель (насосная сх.) AGHN 045.2E/17-ANW/20P.E Только для расчета!

Мощность:	7.0 kW ⁽¹⁾	Хладагент:	R404A ⁽²⁾
Резерв поверхности:	6.9 %	Т кипения:	-6.0 °C
Объемн. расход возд.:	5320 m³/h	Кр-ть циркуляции (правитца.):	1.5
Воздух на входе:	2.0 °C		
Воздух на выходе:	-1.0 °C		
Давление воздуха:	1013 mbar		
Вентиляторы (AC):	1 шт. 1~230V 50Hz	Термоконтакт:	внутренний/внешний
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звукового давления:	56 dB(A) в 3.0 m ⁽³⁾
Скор. вращ.:	1360 min-1	Уровень звуковой мощности:	78 dB(A)
Мощность (мех./эл.):	0.30 kW/0.47 kW	Струя воздуха:	около 15 m ⁽⁴⁾
Потребл. ток:	2.20 A ⁽⁵⁾	Иней:	0.0 mm
ErP:	Compliant ⁽⁶⁾		
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Нерж. сталь AISI 304 ⁽⁷⁾
Площадь пов-ти:	37.7 m²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁷⁾
Объем труб:	10.7 l	Вход:	21.3 * 2.00 mm
Шаг оребрения:	7.00 mm	Выход:	33.7 * 2.60 mm
Вес (пустой):	73 kg ⁽⁸⁾	Нходов:	20
Макс. рабочее давление:	32.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 ⁽⁹⁾

Размеры:

L = 1360 mm
B = 660 mm
H = 650 mm
E = 890 mm
F = 545 mm
C = 240 mm
A = 500 mm
ØD = 14 mm
K = G1 1/4



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):

Стоимость аппарата: 1 2824.00 EUR 2824.00 EUR

Всего (прайс-лист без НДС, включ. упаковку) Расчет производится в отделе калькуляции

Условия поставки:

Условия оплаты:

Срок изготовления: 13 недель⁽¹⁰⁾ (Состояние: 2017-12-20)

Срок действия предл.:

Действуют наши стандартные условия оплаты и поставки!

Important remarks / explanatory notes:

рис.5.4 - Характеристики хладонового повітроохолоджувача

В відповідності з підібраними повітроохолоджувачами можливо підрахувати загальний обсяг холодильного агента в системі, відповідно заповненню одного апарата і кількості апаратів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3

Арк.

47

Щільність холодильного агента при температурі кипіння:

- для хладона $\rho=769 \text{ кг/м}^3$;
- для аміаку $\rho=504 \text{ кг/м}^3$.

Маса холодильного агенту для всіх апаратів (3 камери по 2 апарату):

- для хладона $G=6 \cdot 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot 769=49 \text{ кг}$;
- для аміаку $G=6 \cdot 12.7 \cdot 10^{-3} \cdot 504=38 \text{ кг}$;

Ринкова вартість холодильного агенту:

- для хладона $\text{Ц}=364 \cdot 49=17836 \text{ грн.}$;
- для аміаку $\text{Ц}=34 \cdot 38=1292 \text{ грн.}$;

Результати дослідження вносимо до таблиці:

Таблиця 5.1 - Порівняльний аналіз використання хладагентів

	Витрати на електроенергію за рік, тис. грн.	Ємність по агенту, кг	Вартість агенту, тис. грн.
Хладон	1047	49	17.8
Аміак	923	38	1.3

Таким чином, згідно наведеної таблиці холодильна система на аміаку у даному випадку енергетично ефективніше на 15%. Але підприємства, які використовують аміак, як холодильний агент, відносяться до розряду ПНО (потенційно небезпечних об'єктів) згідно українському законодавству. Це приводить к появі додаткових умов, які з'являються вже на стадії проектування і затвердження проекту, та продовжуються в процесі експлуатування підприємства. Тому, оптимальним у даному випадку, буде використання холодильної установки, яка буде працювати на хладоні.

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 на конденсатор визначено у попередньому розділі.

Дані для розрахунку:

Теплове навантаження: $Q_k=81$ кВт

Розрахункова температура зовнішнього повітря: $t_n=32$ °C

Відносна вологість зовнішнього повітря: $\phi_n=0.6$

Зовнішній діаметр труби: $d=0.022$ м

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

Товщина ребра: $\delta=0.0008$ м

Крок ребер: $u=0.008$ м

Ширина ребра: $B=0.044$ м

Матеріал труб/ребер: мідь/алюміній

Крок труб по ходу/проти ходу повітря: $S_1/S_2=0.044/0.088$ м

Розташування труб в пучку: шахове

Форма ребра: пластинчасте

Агент: R404a

6.1 Тепловий розрахунок конденсатора

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

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

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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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:

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

- 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:

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

- коефіцієнт обребрення β и ступінь обребрення ϕ_n :

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

$$\phi_n = f_n / f_{tr} = 2.2 / 0.5 = 4.4$$

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:

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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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:

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

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

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 $\lambda_{\text{тр}} = 400 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$,
для алюмінієвих ребер $\lambda_p = 200 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Коефіцієнт ефективності ребра визначаємо по формулі:

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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Приведений коефіцієнт тепловіддачі визначаємо по формулі:

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

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

Розрахункові дані для визначення термічного опору шару мастила:

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

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

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

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

$$K = [(1 / 64.2 + 8 \cdot 2.2 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot (0.022^2 + 0.002^2)) \cdot$$

$$\cdot (0.5 \cdot (0.022 - 0.02) / 400 + 0.0008 / 200 + 0.0005 / 0.12)]^{-1} = 23.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Властивості агента (R404a) визначаємо за довідковими даними [2] при визначальній температурі конденсації $t_{\text{к}}$:

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

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

$$q = \beta^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot r \cdot \rho_{\text{к}}^2 \cdot \lambda_{\text{к}}^3 \cdot (\mu_{\text{к}} \cdot d_{\text{вн}})^{-1}]^{0.25} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{ст}})^{-0.75}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (6.9)$$

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$$q=K \cdot (t_{\text{ст}}-t_{\text{н}})=23.8 \cdot (t_{\text{ст}}-32)$$

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:

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

$$F=81 \cdot 10^3/168.2=482 \text{ м}^2$$

6.2 Конструктивний розрахунок апарату

Об'ємна витрата повітря через апарат визначається по формулі:

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

$$V=81/(1.16 \cdot 1.005 \cdot 5)=13.9 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{Площа «живого» перетину конденсатора: } F_{\text{ж}}=V/w=13.9/8=1.74 \text{ м}^2$$

$$\text{Сумарна довжина труб в апараті: } \sum L=F_{\text{ж}}/f_{\text{п}}=1.74/(2.2 \cdot 10^{-3})=812 \text{ м}$$

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

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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату: $n_{\text{рз}} = F_{\text{ж}} / f_{\text{ж}} = 1.74 / 0.1465 \cdot 10^{-3} = 11877$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка:

$$\sum L_{\text{ф}} = u \cdot n_{\text{рз}} = 0.008 \cdot 11877 = 95 \text{ м}$$

$$\text{Площа фронтального перетину апарату: } S_{\text{ф}} = S_1 \cdot \sum L_{\text{ф}} = 0.044 \cdot 95 = 4.2 \text{ м}^2$$

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

Діаметр вентиляторів $D_{\text{в}} = 0.8 \text{ м}$, кількість $z = 2$

Конденсатор буде підлоговий, прямокутної форми.

Орієнтовні геометричні розміри конденсатора:

$$\text{Ширина } B_{\text{к}} = (S_{\text{ф}} / 2)^{0.5} = (4.2)^{0.5} = 1.45 \text{ м};$$

$$\text{та довжина } L_{\text{к}} = 2 \cdot 1.45 = 2.9 \text{ м}$$

Число труб у фронтальному перетині апарату з округленням до цілого:

$$N_{\text{ф}} = B_{\text{к}} / S_1 = 1.45 / 0.044 = 33$$

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

$$N = \sum L / \sum L_{\text{ф}} = 812 / 95 = 9$$

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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбір компресорів здійснимо по потрібній холодопродуктивністю на один компресор $Q_0=21$ кВт з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку. Вибираємо три поршневі компресори фірми Bitzer марки 6H-25.2Y-20P з холодопродуктивністю за даних умов $Q_0=21.4$ кВт і споживаною електричною потужністю $N_{ел}=6.9$ 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 82 кВт и витратою повітря 40712 м³/час, при розрахунковій температурі конденсації $t_k=42$ °C.

7.2 Розрахунок магістральних трубопроводів

Об'ємна витрата агента:

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

де ρ – щільність агента за відповідних умов, кг/м³.

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 м/с.

Нагнітальний трубопровід для одного компресора:

При $t_2=80$ °C и $P_k=19$ бар – щільність агента $\rho_2=86.6$ кг/м³.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Приймаємо на нагнітанні мідну трубу 24×1.5.

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 45×2.5.

Трубопровід на сливі від конденсаторів до ресівера:

При $t_3 = 37^\circ\text{C}$ 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 зливі мідну трубу 45×2.5.

7.3 Підбір допоміжного устаткування

Лінійний ресивер призначений для рівномірної подачі рідкого агенту 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 та пластинчатих теплообмінників.

Відповідно до правил техніки безпеки, розрахунковий об'єм також збільшується на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80%.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 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 напрямку 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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачено захисний дренажний ресивер. Підбір апарату здійснюється аналогічно лінійному ресиверу, таким чином, як дренажний вибираємо горизонтальний ресивер 0.5PB.

					КРБ.ХУ _{та} КП.1.576-03.2.3	Арк.
						59
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 ³	ХТО * 10 ⁻³
R404A	3000	10

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.).

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.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						62
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.1.576-03.2.3	Арк.
						63
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 пилу 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 $G_a = 0,56 \text{ кг/с}$

Показник адіабати $B = 1,2$

Коефіцієнт витрати $\mu = 0,5$

Щільність речовини $\rho = 16 \text{ кг/м}^3$

Тиск спрацьовування клапана $P_1 = 2.5 \text{ мПа}$

Атмосферний тиск $P_2 = 1 \text{ мПа}$

Площа клапана

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

Діаметр клапана

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

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбираємо клапан типу СППКР ; $D_y = 50$ 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 відчувати 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.1.576-03.2.3	Арк.
						65
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.1.576-03.2.3	Арк.
						66
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 доквілля 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, випробуванням 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.1.576-03.2.3	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 холодоагентом 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.1.576-03.2.3	Арк.
						68
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.1.576-03.2.3	Арк.
						69
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 ρ_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:

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

де n' – округлена кількість заземлювачів до найближчого стандартного, шт.; η_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 ρ_p – розрахункове значення питомого опору ґрунту, Ом·м;

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						70
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.; η_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.1.576-03.2.3	Арк.
						71
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 ділянках 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.

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.1.576-03.2.3	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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, 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 $H = 500 \text{ Па}$

Знаходимо марки вентиляторів:

E2,5.100-2 – для припливної вентиляції

E2,5.105-2 – для витяжної вентиляції

Знаходимо потужність електродвигуна вентилятора:

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

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.1.576-03.2.3	Арк.
						74
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.1.576-03.2.3	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $h_{\text{підв}} = 2 \text{ м.}$

$$H_p = 4.8 - 0.8 - 1 = 3 \text{ м}$$

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

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 $N' = 4 \text{ шт}$

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];

η - 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.1.576-03.2.3	Арк.
						76
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.1.576-03.2.3	Арк.
						77
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 Вишнєвського 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.1.576-03.2.3	Арк.
						78
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.1.576-03.2.3	Арк.
						79
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.1.576-03.2.3	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. Проаналізовано особливості технології виробництва майонезу, згідно обраної технології спроектовано план підприємства.
2. Виділено етапи застосування холоду, розраховано теплові баланси, підібрано устаткування.
3. Спроектовано камери нетривалого зберігання продукту, та приміщення експедиції.
4. Проведено варіантні теплові розрахунки холодильної машини, з метою визначення можливості використання оптимального холодильного агенту.
5. Зроблено тепловий та конструктивний розрахунки конденсатору, підібрано основне та допоміжне устаткування холодильної установки.
6. Розроблено розділ охорони праці, який спрямовано на забезпечення безпечної роботи устаткування і персоналу підприємства.

					КРБ.ХУтаКП.1.576-03.2.3	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

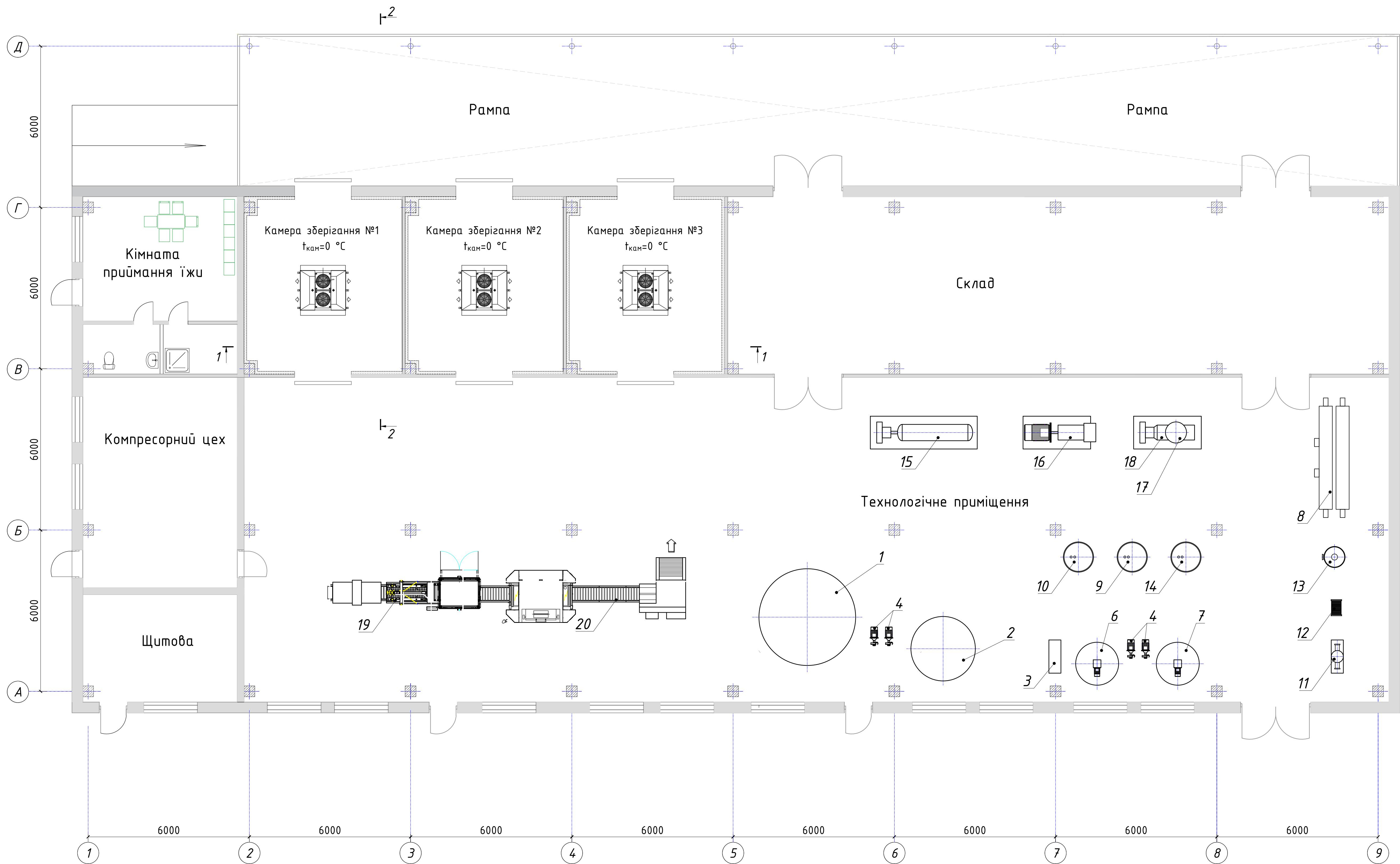
Список використаної літератури

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. Чепурненко, 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. Кондиціювання 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.1.576-03.2.3	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

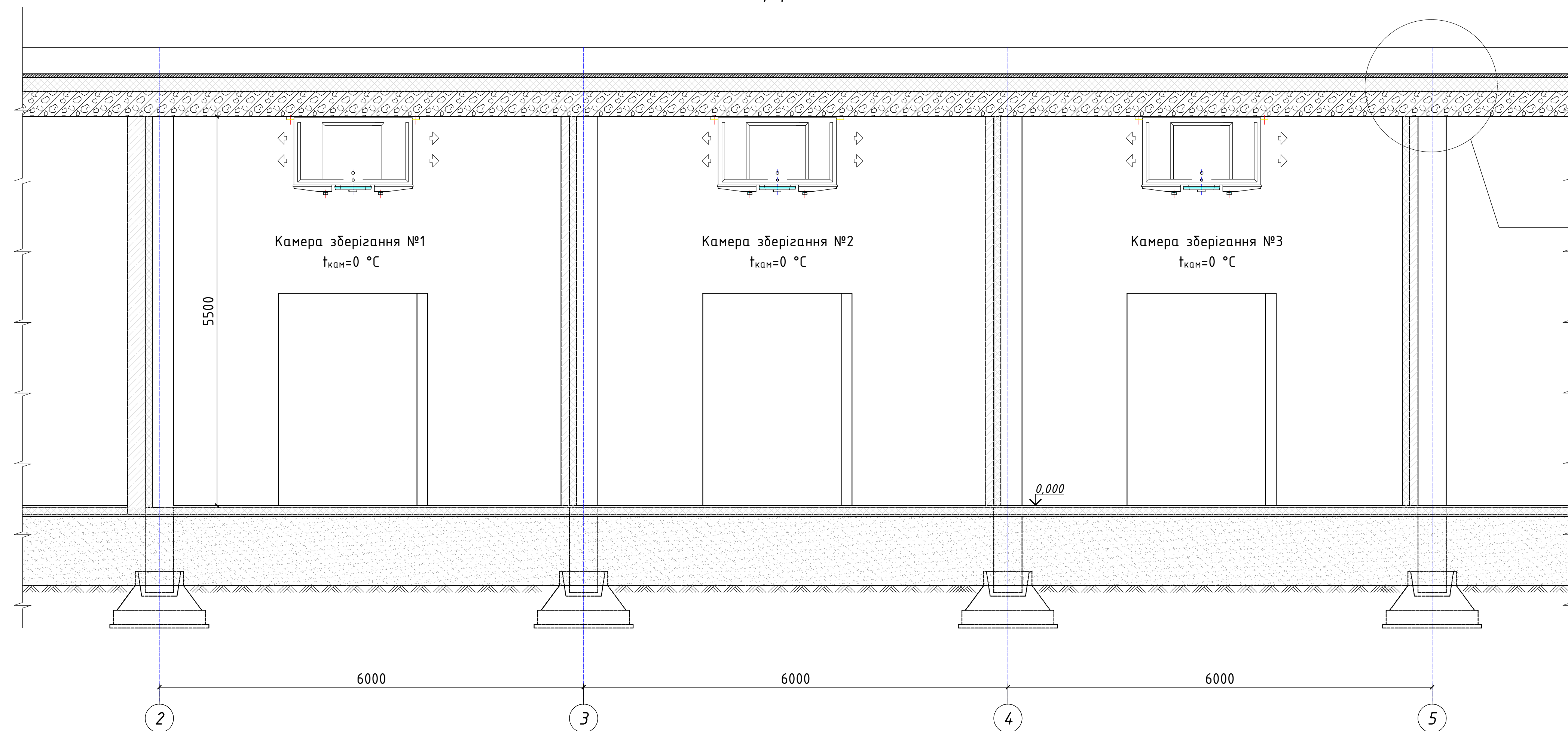
10. Гоголін А.А. Про складання та оптимізацію теплообмінних апаратів холодильних машин // Холодильна техніка, 1981. - №4. - С. 18–21.
11. Желіба Ю.А., Штельмах О.М. Резерви скорочення споживання електроенергії при ек-сплуатації аміачних холодильних установок. Огляд. - Одеса: НДВ "Холод", 1995. - 24 с.
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 кон-денсатор 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.1.576-03.2.3	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

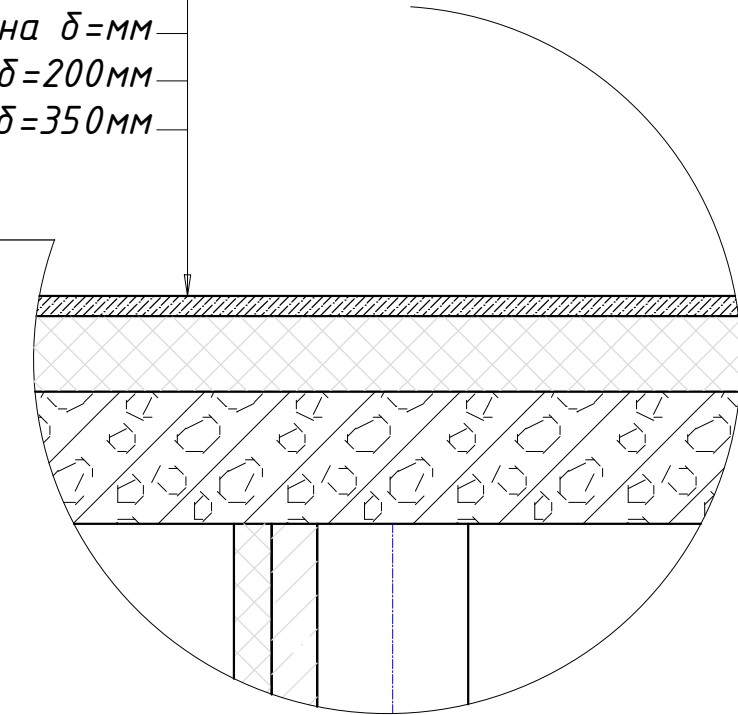


					КРБ.ХУКП.1.576-03.2.8			
					Тема: "Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця"	Лит.	Маса	Масштаб
								1:75
						Лист 1		Листів 6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	План підприємства	ОНТУ група ЕН-141		
Розробив		Назарескіл В.В.						
Перевірив		Зімін О.В.						
Н.контр.		Зімін О.В.						

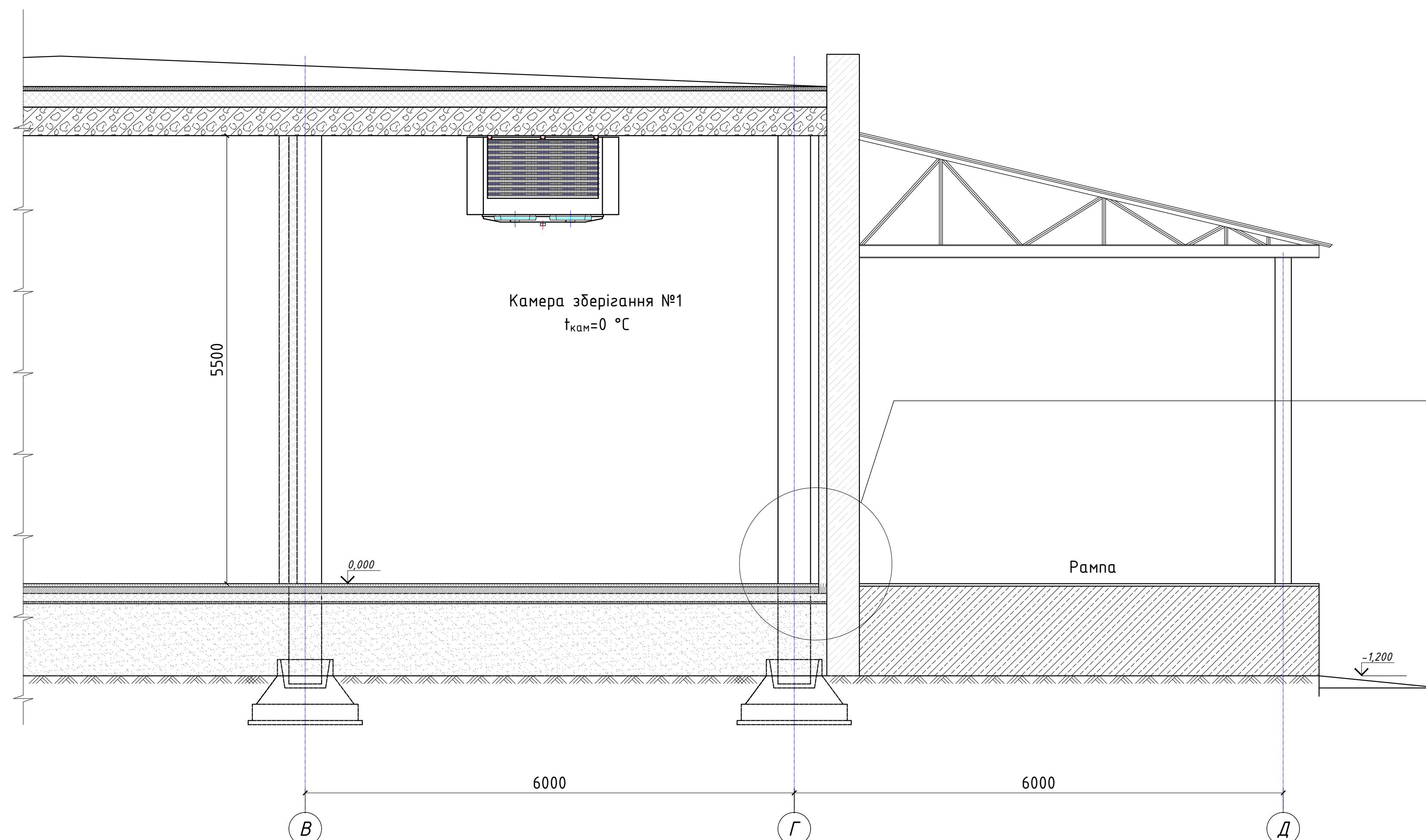
1-1



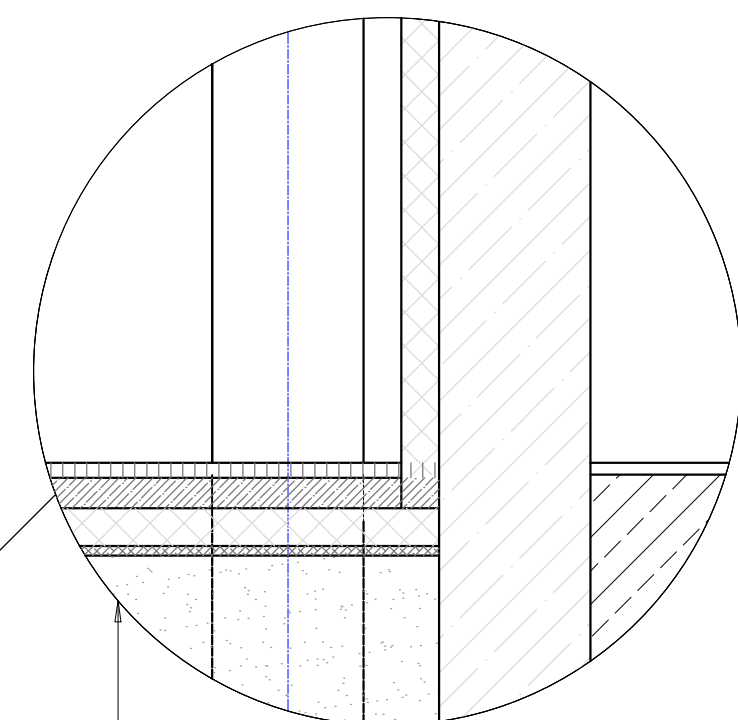
1:25



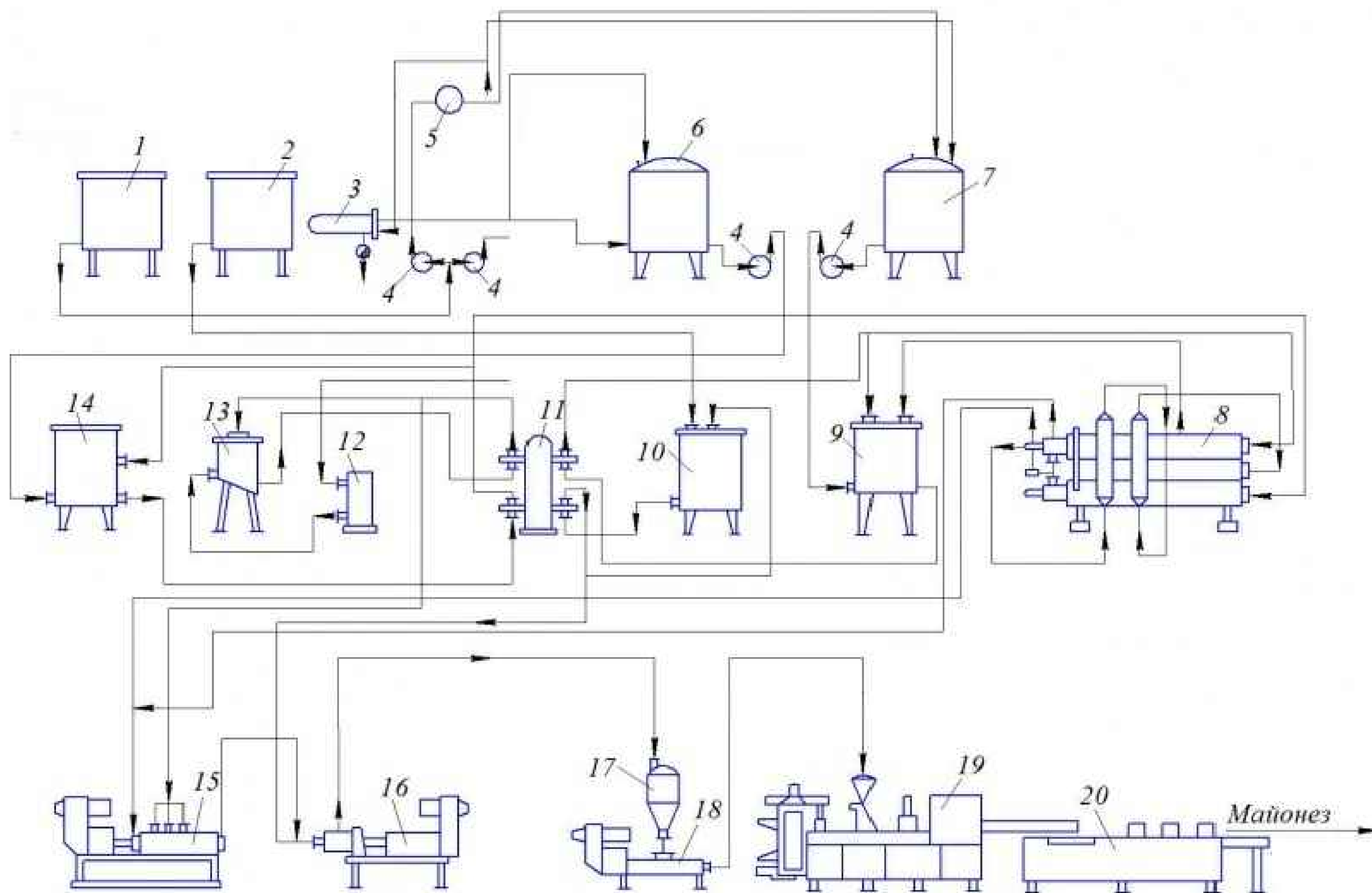
2-2



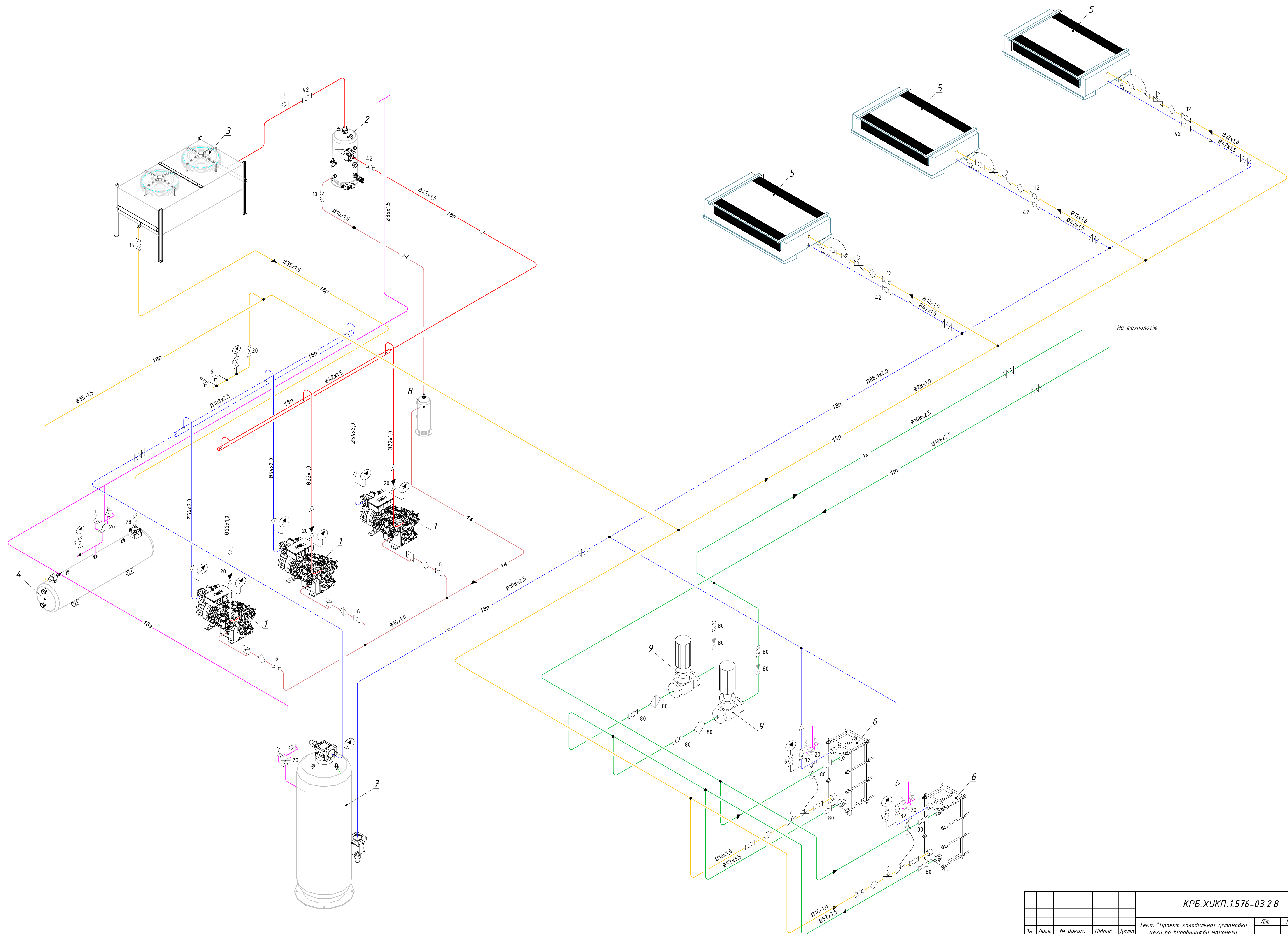
// 1:25



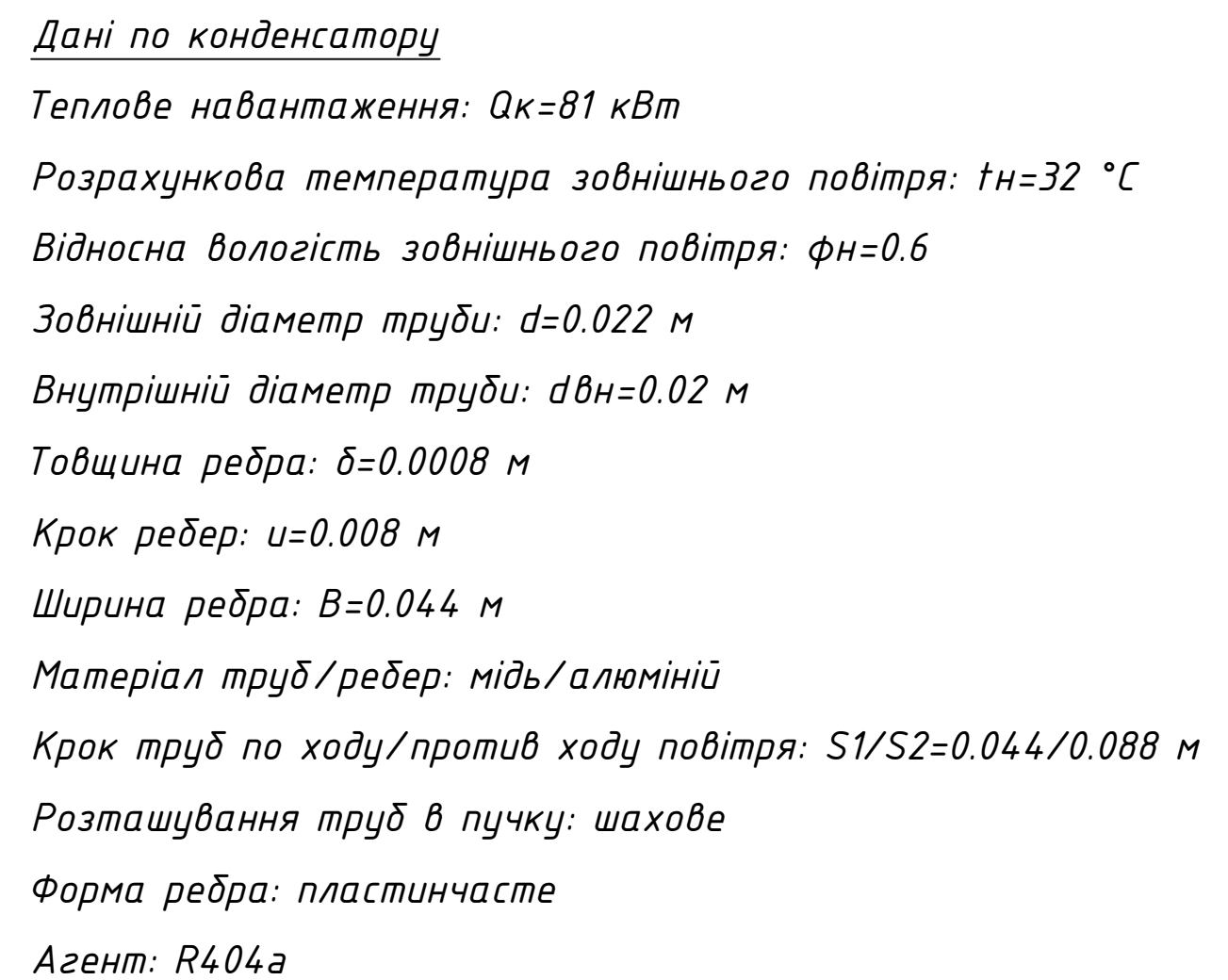
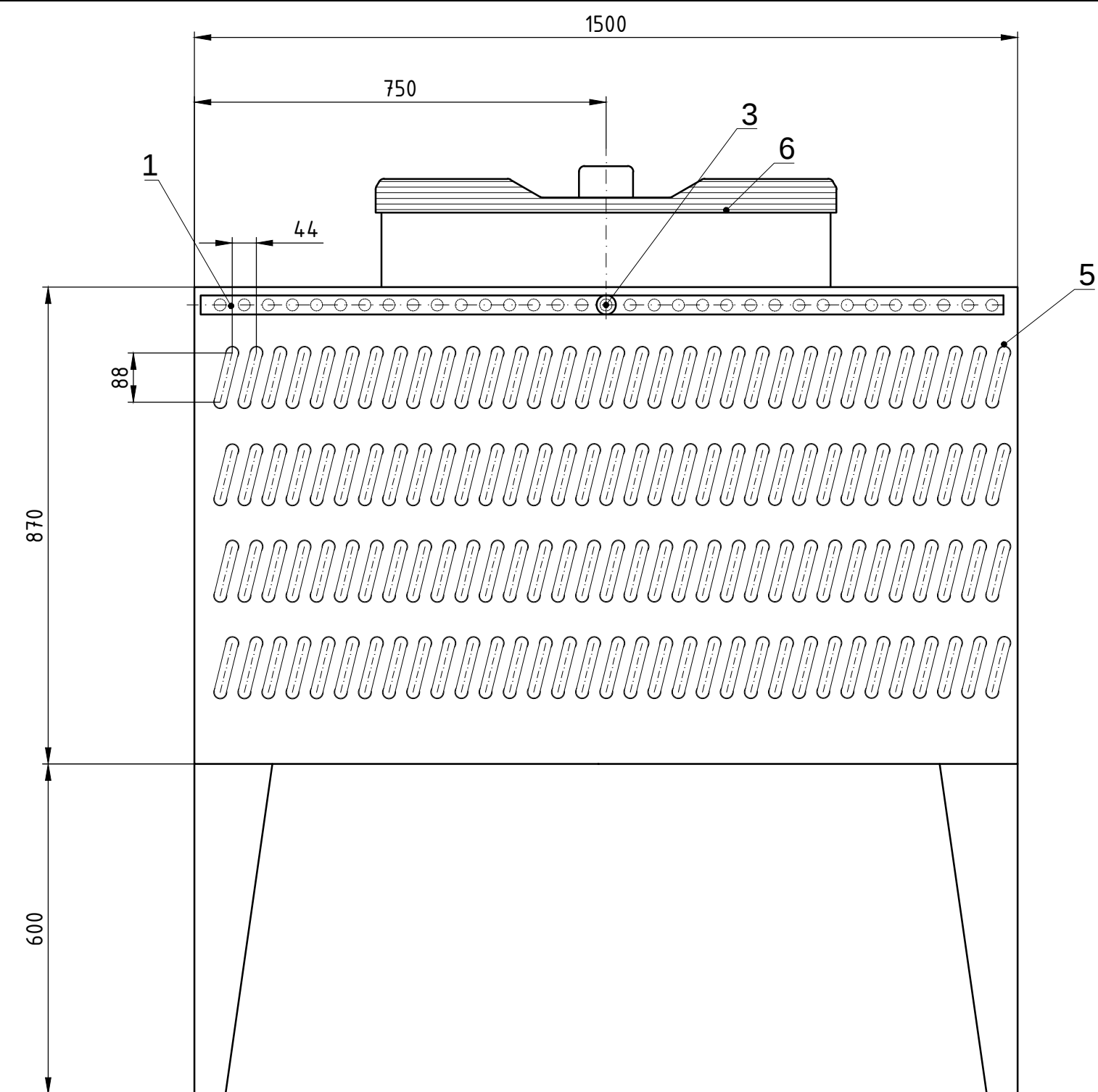
							КРБ.ХУКП.1.576-03.2.8			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема: "Проект холодноїної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця"			Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Назаревська В.В.								1:50
Перевірив		Зімін О.В.								
								Лист 2	Листів 6	
Нicontrolь		Зімін О.В.			Розрізи 1-1, 2-2			ОНТУ група ЕН-141		



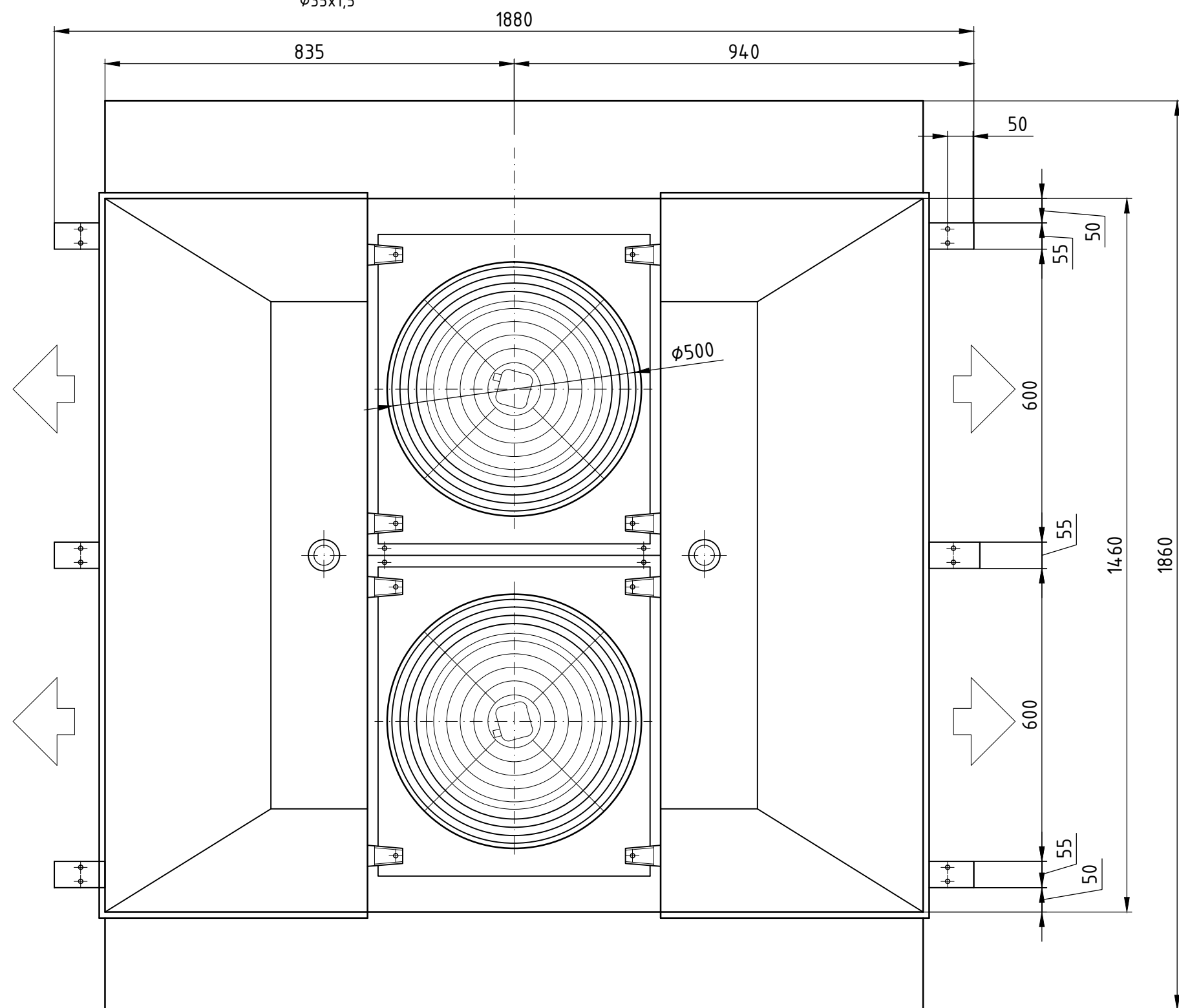
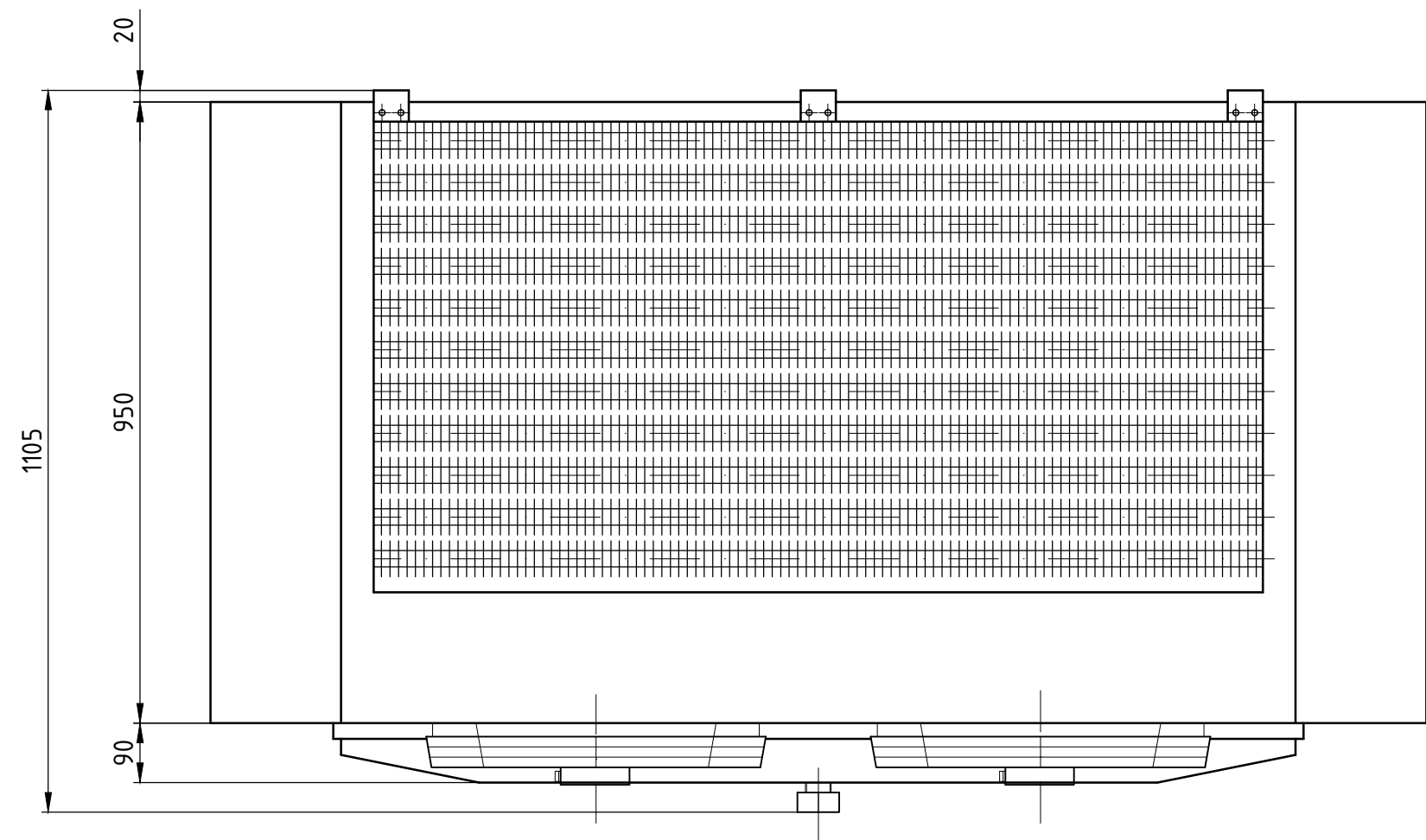
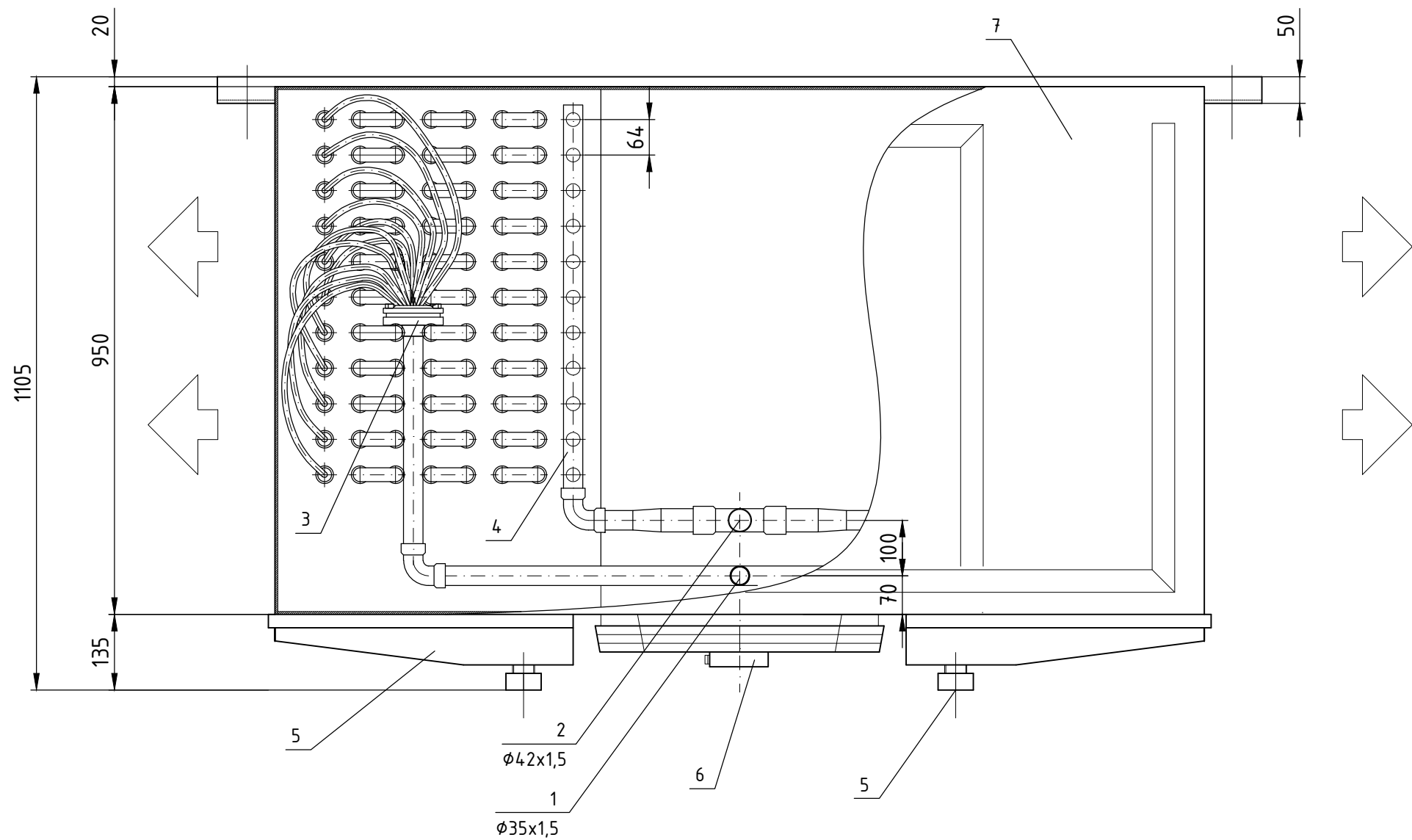
					КРБ.ХУКП.1.576-03.2.8			
					Тема: "Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця"	Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата				
Розробив	Назаренко В.В.							
Перевірив	Зімін О.В.							
						Лист 3	Листів 6	
Н.контр.	Зімін О.В.				Технологічна схема	ОНТУ група ЕН-141		



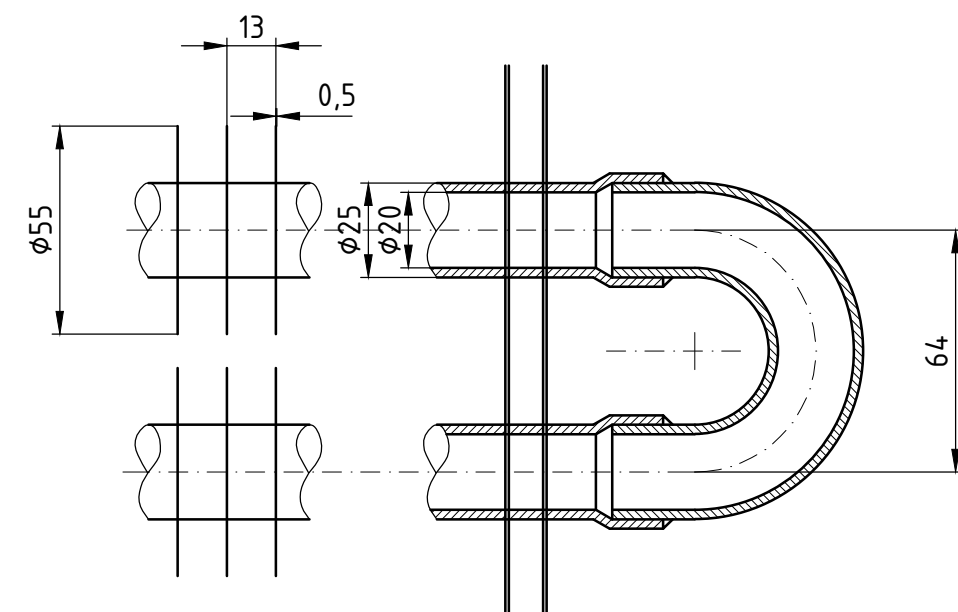
				КРБ.ХУКП.1.576-03.2.8		
Зм.	Лист	№ док-т.	Підпис	Дата	Тема: "Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця"	
Розробив	Назарескул В.В.				Лит	Маса
Перевірив	Зімін О.В.				Лист 4	Листів 6
Н.контр.	Зімін О.В.				ОНТУ група ЕН-141	
				Схема		Масштаб 1:50



						КРБ.ХУКП.1.576-03.2.8				
						Тема: "Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця"	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					1:10	
Розробив	Назарескул В.В.									
Перевірив	Зімін О.В.									
							Лист 5	Листів 6		
Н.контроль	Зімін О.В.					Конденсатор повітряний	ОНТУ група ЕН-141			



Редристиний елемент
М 1:2



					КРБ.ХУКП.1.576-03.2.8					
					Тема: "Проект холодильної установки цеху по виробництву майонезу продуктивністю 9 тон на добу, розташованого у м. Вінниця"			Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата						
Розробив	Назарескул В.В.							Лист 6		Листів 6
Перевірив	Зімін О.В.									
Н.контроль	Зімін О.В.				Повітроохолоджувач			ОНТУ група ЕН-141		