

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ імені акад. І.С. Гулого
Кафедра _____ теплоенергетики та холодильної техніки
Освітній ступінь _____ бакалавр
Спеціальність _____ 142 «Енергетичне машинобудування»
(код і назва)
Освітньо-професійна програма _____ Холодильні техніка та технології
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри _____ ТЕХТ

Валентин ПЕТРЕНКО

“17” квітня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вихрищука Павла Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи холодозабезпечення рибопереробного виробництва потужністю 9,5 т/добу готової продукції у м. Одеса.

керівник роботи доц., к.т.н., Рябчук О. М.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “14” квітня 2023 року №233-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 07 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Тип продукції що зберігається: риба солоня-

делікатесної групи та риба солоня звичайна; риба делікатесної групи

холодного копчення та риба звичайної групи холодного копчення; песерви.

Тип холодоагенту R507. Тип системи- централізована, безнасосна.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

розробити) 1.Вступ, 2. Розділи холодильної частини проекту, 3. Економічна частина. 4. Охорона праці. 5. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1). План та розріз холодильника.

2). Схема холодильної установки.

3).Цикл холодильної установки.

Анотація

Дипломний проект присвячено розробці систем холодозабезпечення для рибопереробного виробництва з потужністю 9,5 тонн/добу готової продукції у місті Одеса. У проекті розроблено холодильну схему з безнасосною випарною системою та підібрано необхідне холодильне обладнання для досягнення максимальної ефективності у споживанні електроенергії та збереженні властивостей продукції. Також проведено розрахунки будівельно-ізоляційних конструкцій, площі камер холодильника та обладнання холодильної установки.

Дипломний проект враховує останні досягнення в області об'ємного планування та конструктивних рішень для холодильників, систем охолодження та схем. Графічна частина проекту включає креслення, такі як схема розводки трубопроводів, цикл холодильної установки, а також план та розріз холодильника.

Ключові слова: копчення, соління, зберігання риби, R507, безнасосна схема.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вихрищук П. О.			Анотація	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Рябчук О. М.					1	
Реценз.						ХМ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Зміст

РОЗДІЛ 1 Холодильна частина

1. Обґрунтування технічної та економічної доцільності
2. Розробка технології приготування продукції
3. Розробка плану холодильного приміщення та визначення його основних розмірів.....
4. Розрахунок ізоляційних та теплоізоляції огорожуючих конструкцій.....
5. Розрахунок теплонадходжень до приміщень, що потребують охолодження
6. Визначення навантаження для забезпечення роботи камер та компресорів ...
7. Вибір оптимальної системи охолодження та та вибір підходящої холодильної установки для забезпечення роботи камер.....
8. Розрахунок робочого режиму робочого режиму, побудова циклу та визначення теплових параметрів холодильної машини. Підбір відповідних компресорів.....
9. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання.....
10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання для забезпечення роботи установки.....
11. Розрахунок оптимальних діаметрів трубопроводів та вибір відповідних насосів.....

РОЗДІЛ 2 Розрахунок показників ефективності в техніко-економічному аспекті

12. Розрахунок показників ефективності в техніко-економічному аспекті.....

РОЗДІЛ 3 Охорона праці

13. Охорона праці.....
- Список літератури, яка використовувалась.....

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Вихрищук П. О.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рябчук О. М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
						2	
					ХМ-4-4		

РОЗДІЛ 1 Холодильна частина

1. Обґрунтування технічної та економічної доцільності

Тема дипломного проекту «Проект системи холодозабезпечення рибопереробного виробництва потужністю 9,5 т/добу готової продукції».

Для визначення оптимального обладнання для забезпечення ефективного теплообміну необхідно провести детальний розрахунок системи холодозабезпечення рибопереробного виробництва. Спочатку необхідно визначити потребу в холоді, яка залежить від об'єму переробки риби. Якщо виробництво готової продукції становить 9,5 тонн на добу, то потреба в холоді може бути оцінена в 200 кВт.

Далі необхідно розрахувати параметри системи холодозабезпечення, такі як температура холодоносія, температура охолоджуваного середовища, теплова потужність та інші. Залежно від цих параметрів можна визначити оптимальне обладнання для системи холодозабезпечення, включаючи насоси та трубопроводи.

Також необхідно провести економічний аналіз проекту системи холодозабезпечення. Для цього необхідно визначити вартість обладнання, витрати на енергопостачання та утримання системи, а також прибуток від продажу готової продукції. За результатами аналізу можна визначити техніко-економічну доцільність проекту.

Отже, для досягнення оптимальних техніко-економічних показників необхідно провести детальний розрахунок системи холодозабезпечення та провести економічний аналіз проекту.

Для штучного охолодження використовується безнасосна система подачі холодоагенту, яка є найбільш ефективною і надійною в порівнянні з аналогічними системами, що працюють на фреоні. Було обрано як прямий, так і проміжний способи охолодження.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вихрищук П. О.			РОЗДІЛ 1 Холодильна частина	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Рябчук О. М.					3	
Реценз.						ХМ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Це знижує капітальні витрати порівняно з використанням проміжного холодоносія, при цьому забезпечуючи безпечне поводження з продуктом при використанні проміжного холодоносія (води).

В якості теплообмінного пристрою в холодильній камері був використаний повітряний охолоджувач. Це полегшує заморожування та охолодження продуктів за рахунок примусової циркуляції повітря.

Теплообмінники з охолодженням використовуються в конденсаторах для зменшення енергетичних і капітальних витрат, а також для зниження тиску конденсації влітку.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розробка технології приготування продукції.

Цей проект передбачає проектування рибопереробного виробництва. Передбачається організація цеху з попереднім розморожуванням риби, засолу (виробництво солоної риби) риби звичайної та делікатесної групи, копчення риби звичайної та делікатесної групи, також цеху з виробництва пресервів та вакуумного пакування готової продукції. Приймаю терміни зберігання продукції та відповідні місткості камер :

1) Риба солена делікатесної групи (сьомга, осетер, палтус, горбуша, кета)- 2,5 т/добу. Зберігання-1 доба при +1 °С. Вид пакування: вакуумна упаковка вагою 1 кг в коробках 15 кг кожна.

2) Риба солена (скупбрія, оселедець)- 1 т/добу. Зберігання- 1 доба при +1 °С. Вид пакування: вакуумна упаковка вагою 1 кг в коробках 25 кг кожна.

3) Риба делікатесної групи холодного копчення -1,5 т/доба. Зберігання -1 доба при -2 °С. Вид пакування: вакуумна упаковка вагою 1 кг в коробках 25 кг кожна.

4) Риба холодного копчення (скупбрія, оселедець)-2 т/добу. Зберігання –1 доба при -2 °С. Вид пакування: вакуумна упаковка вагою 1 кг в коробках 25 кг кожна.

5) Пресерви-2,5т /добу Зберігання 1 доба при +1 °С. Вид пакування: полімерні банки 0,5 кг в коробках 25 кг кожна.

Передбачуваний рибопереробний комплекс матиме периметральну огорожу з головним в'їздом. Транспортні та технологічні потоки забезпечать зручне та безпечне пересування по території та забезпечать доставку сировини, допоміжних матеріалів, відвантаження готової продукції та пресервів.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні рішення базуються на передових методах переробки, враховують сучасні запити населення та відповідають усім вимогам технічних інструкцій.

Для забезпечення безперебійної роботи рибопереробного комплексу протягом усього року та нормальних умов праці, виробничі потужності оснащені наступним технічним забезпеченням

- електропостачання
- водопостачання
- теплопостачання;
- каналізація
- вентиляція

Сировина на підприємство доставляється автомобільним транспортом, що має ізоітермічний кузов, в замороженому чи охолоджену вигляді.

Згідно завдання на проектування на переробку риба надходить: в розробленому вигляді (делікатесна група) та не в розробленому вигляді (скумбрія). Заморожену рибу отримують у целофановій обгортці в картонному ящику або в запаяному полімерному пакеті, масою - від 9 до 30 кг, охолоджену - в ящиках з кришкою із полістиролу нефіксованою вагою від 20 до 30 кг.

Виробництво риби солоної

Переробка мороженої риби складається з наступних етапів:

- приймання сировини;
- розморожування;
- розбирання;
- засолювання;
- сортування;
- фасування;
- пакування;
- маркування;
- продаж або зберігання.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сировина приймається через докові ворота у експедиції сировини. Охолоджену рибу відправляють безпосередньо на переробку або завантажують у камери тимчасового зберігання при необхідності. Заморожену рибу доставляють у відділ розморожування, де її виймають з упаковки та візуально оглядають. Рибу вивантажують у дефростаційний візок для розморожування. Розморожування відбувається при температурі повітря не вище +20°C. Процес розморожування вважається завершеним, коли тіло риби набуває необхідної гнучкості (температура всередині тіла риби повинна бути -1/-2°C). Охолоджена та розморожена риба направляється у сировинне відділення.

У сировинному відділенні встановлені три лінії для розбирання риби.

Делікатесна риба (лосось, форель) відправляється на приймальний елеватор, звідки подається на стіл для видалення голови. Риба без голови потрапляє у тунель для видалення слизі, крові та бактерій. Потім очищена риба транспортується конвеєром до машини, де видаляються плавники і хребет.. Плавники і хребтові кістки збираються у ємкість, а розроблена риба подається до лінії філетування з конвеєром для відходів. Після філетування риба направляється на пристрій для видалення кісток, а потім на інспекційний стіл для перевірки.. З перевірених шматочків філе знімають шкірку на шкуррознімальній машині. Остаточо підготовлене філе потрапляє до мийного тунелю, де проходить останній етап очищення перед відправкою на засолювання. Перед засолюванням філе вприскують сіль за допомогою соляного інжектора.

Керована швидкість подачі та кількості розчину, який вприскується, забезпечує точний, відповідний особливостям продукту засіл, забезпечує збільшення виходу, підвищення стабільності смакових якостей та дає можливість скоротити процес засолювання. Просолене філе укладається на візки (або ящики) і відправляється на засолювання.

Велика риба подається на напівавтоматичні лінію, де відбувається відділення плавників, голови та хребта.

									Лист
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.001.2023 ПЗ				

Відрізи м'яса біля філе та хребта зводяться до мінімуму. Черевну порожнину очищають від внутрішніх органів і крові, видаляють чорну плівку.

Філе риби конвеєром транспортується на контрольний стенд для перевірки, а потім на шкірознімальну машину, в мийний тунель і соляний. Потім ін'єкційні шматки філе поміщаються у візки (або ящики) і відправляються на засолювання.

Третя лінія використовується для оброблення скумбрії. Риба опускається в приймальний елеватор, де вона миється. Вимита риба подається в потрошильну машину. Потім риба відправляється в мийну машину. Підготовлену рибу укладають на візки і відправляють на засолювання. Відходи від виробничого процесу збираються в спеціальні контейнери, накриваються кришкою і переміщуються в холодильник ($t = +4^{\circ}\text{C}$) для зберігання.

Соління риби

Риба засолюється сухим або тузлучним способом в соляному цеху ($t = +4^{\circ}\text{C}$).

Сухий посол риби здійснюється в полімерних ящиках з кришками, які утворюють піддони. При сухому посолі на дно ящика насипають шар солі товщиною 2 см, укладають рибу (філе) шарами і рівномірно пересипають сіллю.

При тузлучному способі готують спеціальний візок, викладають рибу і заливають солоною водою у співвідношенні 2:1. Засолювання відбувається від трьох до семи днів, залежно від виду, якості та розміру риби (філе).

У перший день посолу, а потім через кожні 2 доби, впродовж всього процесу посолу, слід перевіряти стан тузлуку.

Відібрані зразки використовуються для визначення температури, щільності та якості розсолу. Готовий тузлук подаються трубопроводом до засолювального цеху. Установка обладнана насосами для перекачування розсолу.

Для накопичення та збірвання солі передбачено окреме приміщення з піддонами.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В подальшому риба подається на дільницю підготовки до копчення чи у відділення вакуумного пакування.

Після кожного розвантаження і вивантаження риби обладнання та інвентар очищають і миють у гарячій воді з миючим і дезінфікуючим засобом, а потім знову миють у гарячій воді перед завантаженням нової партії риби.

Виробництво риби холодного копчення

У засоловальному цеху рибу укладають на візки і везуть у коптильний цех. У делікатесному цеху рибу підвішують на рамах з петлями або укладають на лотки. Солону скумбрію подають на приймальний елеватор, звідки вона відправляється в мийний тунель для очищення. На рибонанизувальній платформі підготовлену рибу підпетлюють і розвішують на рамах. Перед копченням відбувається природна сушка.

Для копчення готується окреме приміщення, де встановлюється коптильна камера.

Температура в коптильній камері підтримується в діапазоні від 18+27°C. Копчення риби відбувається за допомогою димової суміші з димогенератора.

Закінчення процесу копчення визначається за органолептичними показниками.

Рами з копченою рибою відправляються в морозильну камеру, де вони заморожуються, а потім відправляються в пакувальний цех.

Виробництво пресервів

Для виробництва пресервів використовують напівфабрикати простого, пряного та спеціального посолу.

Для виготовлення пресервів на сировинному цеху з риби видаляють плечові кістки та нутроці, луску, хвостові плавники і кісткові нарости, а також видаляють голову.

Розібрана риба відправляється на засолювання.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після засолу риба відправляється на ділянку виробництва пресервів для порціонування.

Підготовлену рибу відправляють на підйомник для зберігання, звідки вона потрапляє на стіл для нарізки на горизонтальні скибочки товщиною не більше 7 мм. Шматочки повинні бути шириною не більше 40 мм і розмір шматочків повинен відповідати висоті банки Підготовані таким чином шматочки філе передають на конвеєрні столи, де їх укладають в банки. Рибу укладають шарами з розрівнюванням по рядах. Потім наповнені банки порціонують на вагах, наповнюють заливкою, закривають кришкою і передають на пакування. Закриті кришками банки є герметичними.

У пакувальному цеху банки протирають на столі, наклеюють етикетки, укладають в картонні коробки і передають на холодильний склад.

Приготування заливок

Приготування заливки відбувається в окремому приміщенні.

Для приготування оцтово-масляної заливки використовують кухонну сіль не нижче першого сорту, розчин оцтової та бензойної кислот, що відповідають стандартам, рослинну олію або ароматизовану олію.

Розчин бензойної кислоти, оцтової кислоти та олії за рецептурою додають в охолоджений окріп при температурі не вище 20°C. Ретельно перемішати і відправити на розлив.

Підготовка банок

Кожна партія тари, що надходить, перевіряється згідно з правилами приймання.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тара зберігається на складі на території підприємства і доставляється на виробничий майданчик при необхідності.

Під час розвантаження, транспортування та зберігання не допускається вплив, який може деформувати тару або призвести до забруднення поверхні.

Пакування та маркування готової продукції

Для пакування готової продукції (солоні та копчені риби) передбачено окреме приміщення з трьома пакувальними лініями.

Лінія 1 призначена для нарізки дрібної риби і оснащена слайсером для нарізки скибочок товщиною від 2 до 15 мм, пакувальним конвеєром для завантаження лотків, вагами для контролю зважування і термоформувальною машиною для вакуумного пакування. Термоформування лотків і запечатування верхньої плівки відбувається автоматично, тому оператор повинен лише розмістити продукт на лотках, що спрощує процес пакування.

Зона укладання обладнана відповідними захисними пристроями. Завдяки використанню пакування під вакуумом збільшується термін зберігання продукції та готовий продукт має естетичний вигляд. Вакуумне пакування подовжує термін придатності продукції та забезпечує гарний зовнішній вигляд. Пакування здійснюється відповідно до найвищих гігієнічних стандартів. Перед пакуванням риба заморожується в морозильній камері. Після заморожування риба перекладається з морозильної камери в контейнер, де вона зберігається при певній температурі.

Скумбрія та рибне філе пакуються у вакуум на лінії 2. Для нарізання риби та рибного філе на менші шматочки встановлюється лінія з постійною вагою. Готове філе та скумбрія конвеєром подаються до термоформувальної машини. Упаковані порції зважуються на електронних вагах і передаються у відділ етикетування, де на

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кожну порцію наклеюється етикетка із зазначенням ваги та дати виготовлення.

У коробки пакують продукцію з однаковою назвою, вироблену в один і той же час. На кожну одиницю упаковки наклеюються етикетки.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розробка плану холодильного приміщення та визначення його основних розмірів

Передбачаю розміщення продукції у коробках з картону розміром 600x400x400 і вагою $m = 25$ кг. Товщина коробки $\delta_k = 5$ мм. теплопровідність картону $\lambda_k = 0,16 \frac{Вт}{м * К}$. Температура в камері $t_k -2$ °С та швидкість повітря $v = 5$ м/с.

Визначальний розмір:

$$R3 \leq R2 \leq R1$$

$$0,96 \leq 0,96 \leq 1,21$$

$$R = R3 = 0,96 м$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda}{R}$$

Де Nu - критерій Нуссельда:

$$Nu = 0,037 * Pr^{\frac{1}{3}} * Re^{0,8}$$

Де Re- критерій Рейнольдса для повітря:

$$Re = \frac{v * R}{\nu}$$

$$Re = \frac{5 * 0,96}{1,17 * 10^{-5}} = 410256$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Nu = 0,037 * 0,718^{1/3} * 410256^{0,8} = 1025$$

$$\alpha = \frac{1025 * 0,0229}{0,96} = 24,45 \frac{Вт}{м^2 * К}$$

Тривалість заморожування

$$\tau_0 = \frac{R * q * \rho * w * \omega}{t_{кр} - t_{o.c}} * (Q * \frac{R}{2 * \lambda} + \Phi * \frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_{yn}}{\lambda_{yn}})$$

Де

$$Q = \frac{\beta_1 * \beta_2}{\beta_1 * \beta_2 + 0,7 * \beta_1 * \beta_2 - 0,15}$$

$$\beta_1 = \frac{R_1}{R_3} = \frac{1,21}{0,96} = 1,26$$

$$\beta_2 = \frac{R_2}{R_3} = \frac{0,96}{0,96} = 1$$

$$Q = \frac{1,26 * 1}{1,26 * 1 + 0,7 * 1,26 * 1 - 0,15} = 0,632$$

$$\Phi = \frac{\beta_1 * \beta_2}{\beta_1 * \beta_2 + \beta_1 + \beta_2} = \frac{1,26 * 1}{1,26 * 1 + 1,26 + 1} = 0,357$$

$$\omega = 1 - \frac{t_{кк}}{t_{сс}} = 1 - \frac{-1,5}{-2} = 0,25$$

$$\tau_0 = \frac{0,96 * 3,3 * 10^5 * 1250 * 0,572 * 0,25}{-1,5 + 2} * (0,632 * \frac{0,96}{2 * 0,215} + 0,357 * \frac{1}{24,45} + 6 * \frac{0,005}{0,16}) =$$

$$= 1,82 * 10^5 c = 50,5 \text{ год}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сітку колон приймаю 6 ×6 м, висоту камер – 6 м. Вантажний прохід має ширину 5 м і висоту 5 м. Висота зони зберігання продукції-4,5 м. Визначаю розрахункову будівельну площу камери зберігання:

$$F_{\text{буд}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v * \beta_f * h_{\text{гр}}}$$

де $B_{\text{к}}$ - місткість камери, т; q_v - норма завантаження продукту, т/м³ ;

β_f - коефіцієнт використання будівельної площі камери; $h_{\text{гр}}$ - вантажна висота, м.

Площа одного будівельного прямокутника:

$$f = b * l = 6 * 6 = 36 \text{ м}^2$$

Де b - ширина будівельного прямокутника, м; l – довжина будівельного прямокутника, м.

Визначаю кількість будівельних прямокутників:

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f}$$

1) Розрахункова будівельна площа камери риби солоної делікатесної групи

$$F_{\text{буд1}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v * \beta_f * h_{\text{гр}}} = \frac{2,5}{0,7 * 0,75 * 2,5} = 1,9 \text{ м}^2$$

$B_{\text{к}}=2,5$ т -місткість камери;

$q_v=0,7$ тон/м³ – норма завантаження продукту;

$\beta=0,75$ – коефіцієнт використання будівельної площі камери.

Кількість будівельних прямокутників:

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n1 = \frac{F_{\text{буд}1}}{f} = \frac{1,9}{36} = 0,052;$$

Приймаю 1 квадрат

2) Розрахункова будівельна площа камери зберігання риби солоної звичайної

$$F_{\text{буд}2} = \frac{B_k}{q_v * \beta_f * h_{гр}} = \frac{1}{0,7 * 0,75 * 2} = 0,95 \text{ м}^2$$

$B_k=1$ т

$q_v=0,7$ тон/м³

$h_{гр}=2$ м

$\beta=0,75$.

Кількість будівельних прямокутників:

$$n2 = \frac{F_{\text{буд}2}}{f} = \frac{0,95}{36} = 0,026;$$

Приймаю 1 квадрат

3) Розрахункова будівельна площа камери зберігання та заморозки риби делікатесної групи холодного копчення

$$F_{\text{буд}3} = \frac{B_k}{q_v * \beta_f * h_{гр}} = \frac{1,5}{0,7 * 0,75 * 2} = 1,42 \text{ м}^2$$

$B_k=1,5$ т

$q_v=0,7$ тон/м³

$h_{гр}=2$ м

$\beta=0,75$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n3 = \frac{F_{\text{буд}3}}{f} = \frac{1,42}{36} = 0,04;$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаю 1 квадрат

4) Розрахункова будівельна площа камери зберігання та заморозки риби звичайної групи холодного копчення

$$F_{\text{буд4}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{v}} * \beta_{\text{f}} * h_{\text{гр}}} = \frac{2}{0,7 * 0,75 * 2} = 1,9 \text{ м}^2$$

$B_{\text{к}}=2$ т

$q_{\text{v}}=0,7$ тон/м³

$h_{\text{гр}}=2$ м

$\beta=0,75$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_4 = \frac{F_{\text{буд4}}}{f} = \frac{1,9}{36} = 0,05;$$

Приймаю 1 квадрат

5) Розрахункова будівельна площа камери зберігання пресервів

$$F_{\text{буд5}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{v}} * \beta_{\text{f}} * h_{\text{гр}}} = \frac{2,5}{0,7 * 0,75 * 2} = 2,38 \text{ м}^2$$

$B_{\text{к}}=2,5$ т

$q_{\text{v}}=0,7$ тон/м³

$h_{\text{гр}}=2$ м

$\beta=0,75$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_5 = \frac{F_{\text{буд5}}}{f} = \frac{2,38}{36} = 0,066;$$

Приймаю 1 квадрат

Планую зберігати рибу солону делікатесної групи та рибу солону звичайну в одній камері. Відповідно площа камери:

$$n_1 + 2 = 0,052 + 0,026 = 0,072$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Планую зберігати рибу солону делікатесної групи холодного копчення та рибу звичайну холодного копчення одній камері. Відповідно площа камери:

$$n_{3+4} = 0,04 + 0,05 = 0,09$$

Приймаю 1 квадрат

Загальна площа камер

$$F_{\text{б\у\д}} = \sum n_i * f = 36 * 3 = 108 \text{ м}^2$$

Загальну площа експедиції:

$$F_{\text{екс}} = 0,4 * \frac{\sum M}{0,35} = 0,4 * \frac{2,485}{0,35} = 3,22 \text{ м}^2$$

Де $\sum M$ - Загальний обсяг продукції, який щодоби надходить до камери, т/добу.

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_{\text{екс}} = \frac{3,22}{36} = 0,09;$$

Приймаю 1 квадрат

Площа допоміжних приміщень:

$$F_{\text{доп}} = 0,35 * \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,35 * 108 = 37,8 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_{\text{доп}} = \frac{37,8}{36} = 1,05;$$

Приймаю 2 квадрата

Площа холодильника в контурі ізоляції:

$$F_{\text{хол}} = \sum F_{\text{б\у\д}} + F_{\text{екс}} + F_{\text{доп}} = 108 + 36 + 72 = 216 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників-8.

Площа службових приміщень:

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{сл} = 0.3 * \sum F_{буд} = 0.3 * 108 = 32,4 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_{сл} = \frac{32,4}{36} = 0,9;$$

Приймаю 1 квадрат

Площа машинного відділення:

$$F_{маши} = 0.3 * \sum F_{буд} = 0.3 * 108 = 32,4 \text{ м}^2$$

Приймаю 1 квадрат

Загальна площа холодильника. за формулою:

$$F_{хол} = F_{хол} + F_{сл} + F_{маши} = 216 + 36 + 36 = 288 \text{ м}^2$$

Назва	$F_{буд}$ м^2	f м^2	n	n_d	F_d м^2
1.Зберігання риби солоні делікатесної групи та риби солоні звичайної	2,85	36	0,072	1	36
2. Зберігання та заморозка риби делікатесної групи холодного копчення та риби звичайної групи холодного копчення	3,32	36	0,09	1	36
3. Зберігання пресервів	2,38	36	0,066	1	36
4. Експедиція	3,22	36	0,09	1	36
5.Допоміжні приміщення	37,8	36	1,05	2	72
6.Службові приміщення	32,4	36	0,9	1	36
7. Машинне відділення	32,4	36	0,9	1	36
8.Холодильник в контурі	216	36	6	6	216

4. Розрахунок ізоляційних та теплоізоляції огорожуючих конструкцій

Використовується пінополіуретан як ізоляція. Цей матеріал входить до складу сендвіч-панелей, що використовуються як ізоляція в холодильних камерах і підсобних приміщеннях, а також для стелі. Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідно знати параметри.

Товщина металевого листа δ , мм	0,5
Коефіцієнт теплопровідності металу λ , Вт/(м ² ·К)	50
Коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції із пінополеуретана λ , Вт/(м ² ·К)	0,021

Стандартний ряд товщин панелей, мм: 50-150 мм.

Параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С		
	літня	зимова	середньорічна
Одеса	29	-24	10,3

Товщина ізоляційного шару для зовнішніх стін:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right], \text{ м}$$

Де $\lambda_{із}$ - коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу, Вт/ (м²*К);

K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, Вт/ (м²*К);²

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження, Вт/ (м²*К);

$\alpha_вн$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороження, Вт/ (м²*К).

Рахую коефіцієнт теплопередачі дійсний:

$$K_o^\partial = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{із}^\partial}{\lambda_{із}}}$$

1) Камера зберігання риби солоної делікатесної групи та риби солоної та звичайної $t_{кам} = +1$ °С

Зовнішня стіна:

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{1}{23.3} + 0.00002 + \frac{1}{10.5} \right) \right] = 0.07 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм .

$$K_o^\partial = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{із}^\partial}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23.3} + 0.00002 + \frac{1}{10.5} \right) + \frac{0.1}{0.021}} = 0.253 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Стіна між камерою та виробничими приміщеннями (12 °С)

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,479 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \cdot 2}{50} = 0,00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,5} - \left(\frac{1}{8,12} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0,041 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм.

$$K_o^\partial = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) + \frac{\delta_{i3}^\partial}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,385$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \cdot 2}{50} = 0,00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,29} - \left(\frac{1}{23,3} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0,072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^\partial = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) + \frac{\delta_{i3}^\partial}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0,253$$

Стіна між камерою та експедицією з температурою 9 °С:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,45 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 * 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.45} - \left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.043 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм.

$$K_o^\partial = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) + \frac{\delta_{i3}^\partial}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0.021}} = 0.385$$

2) Камера заморожування та зберігання риби делікатесної групи

холодного копчення та риби звичайної холодного копчення $t_{\text{кам}} = -2 \text{ }^\circ\text{C}$

Стіна між камерами

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 * 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.5} - \left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.037 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм.

$$K_o^\partial = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) + \frac{\delta_{i3}^\partial}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0.021}} = 0.385$$

									Лист
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Стіна між камерою та виробничими приміщеннями (12 °С)

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,44 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.44} - \left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.043 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм .

$$K_o^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\delta}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,28 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.28} - \left(\frac{1}{23,3} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм .

$$K_o^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\delta}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0.253$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стіна між камерою та експедицією з температурою 9 °С:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,44 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.44} - \left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.043 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм.

$$K_o^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\delta}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385$$

3) Камера заморожування та зберігання пресервів $t_{кам} = +1 \text{ °С}$

Стіна між камерами

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.5} - \left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.037$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина сендвіч-панелі 50 мм.

$$K_o^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\partial}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,385 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Стіна з південної сторони:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \cdot 2}{50} = 0,00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_o} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] = 0,021 * \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{23,3} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0,072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\partial}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + 0,00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0,253 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Стіна між камерою та виробничими приміщеннями (12 °С)

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,46 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.5} - \left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.043 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм.

$$K_o^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\delta}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 \cdot 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{1}{23,3} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\delta}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + 0.00002 + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0.253$$

Стіна між камерою та експедицією 9 °С:

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_0 = 0,44 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.0005 * 2}{50} = 0.00002 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] = 0.021 * \left[\frac{1}{0.44} - \left(\frac{1}{8.12} + 0.00002 + \frac{1}{10.5} \right) \right] = 0.043 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 50 мм .

$$K_o^\delta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{i3}^\delta}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + 0.00002 + \frac{1}{10.5} \right) + \frac{0,05}{0.021}} = 0.385$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Огородження	$t_b, ^\circ\text{C}$	$\alpha_{\text{зов}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{\text{в}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Товщина теплоізоляційного шару, м		Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	
				$\delta_{\text{із}}^{\text{н}}$	$\delta_{\text{із}}^{\text{о}}$	K_0	$K_0^{\text{о}}$
Камера зберігання риби солоної делікатесної групи та риби солоної звичайної							
Зовнішня стіна	1	23,3	10,5	0,07	0,08	0,29	0,253
Стіна між камерою та виробничими приміщеннями 12°C	1	8,12	10,5	0,041	0,05	0,479	0,385
Стіна між камерою та експедицією 9°C	1	8,12	10,5	0,043	0,05	0,45	0,385
Покрівля	1	23	10,5	0,072	0,08	0,29	0,253
Камера заморожування та зберігання риби делікатесної групи холодного копчення та риби звичайної холодного копчення							
Стіна між камерою та виробничими приміщеннями 12°C	-2	8,12	10,5	0,043	0,05	0,44	0,385
Стіна між камерою та експедицією 9°C	-2	8,12	10,5	0,043	0,05	0,44	0,385
Стіна між камерами	-2	8,12	10,5	0,037	0,05	0,5	0,385
Покрівля	-2	23,3	10,5	0,072	0,08	0,28	0,253
Камера зберігання пресервів							
Зовнішня стіна з південної сторони	1	23,3	10,5	0,072	0,08	0,29	0,253
Стіна між камерою та виробничими приміщеннями 12°C	1	8,12	10,5	0,043	0,05	0,46	0,385
Стіна між камерою та експедицією 9°C	1	8,12	10,5	0,043	0,05	0,45	0,385
Покрівля	1	23,3	10,5	0,072	0,08	0,29	0,253
Стіна між камерами	1	8,12	10,5	0,037	0,05	0,5	0,385
Лист							
00 КР 142.008.001.2023 ПЗ							29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

5. Розрахунок теплонадходження до приміщень, що потребують охолодження

Загальна кількість теплоти, що потрапляє в приміщення холодильника:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ Вт},$$

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 – тепло, яке проникає через огорожувальні конструкції, тепло, що надходить під час процесу охолодження, вентиляції та експлуатації, а також тепло, що виділяється з продукту під час його дихання.

Теплонадходження через огорожуючі конструкції:

$$Q_1 = Q_{1t} + Q_{1c} \text{ Вт},$$

де Q_{1t}, Q_{1c} - теплонадходження через стіни, перегородки, стелі, дах, підлогу та сонячне випромінювання відповідно, Вт

$$Q_{1t} = K_d * F * (t_{зов} - t_{вн}) * 10^{-3} \text{ Вт},$$

Теплонадходження від дії сонячної радіації:

$$Q_{1c} = K_d * F * \Delta t \text{ Вт},$$

де Δt - різниця температур через сонячне випромінювання радіації, °C.

Камера зберігання 1:

Північ:

$$Q_{1t} = 0,253 * 36 * (29 - 1) = 0,25 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = 0,25 + 0 = 0,25 \text{ кВт.}$$

Південь:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (-2 - 1) = -0,024 \text{ кВт.};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт.};$$

$$Q_1 = 0,13 + 0 = 0,13 \text{ кВт.}$$

Захід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (12 - 1) = 0,13 \text{ кВт.};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт.};$$

$$Q_1 = 0,13 + 0 = 0,13 \text{ кВт.}$$

Схід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (9 - 1) = 0,1 \text{ кВт.};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт.};$$

$$Q_1 = 0,1 + 0 = 0,1 \text{ кВт.}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = 0,253 * 36 * (2 - 1) = 0,01 \text{ кВт.};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт.};$$

$$Q_1 = 0,01 + 0 = 0,01 \text{ кВт.}$$

Покриття

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1t} = 0,253 * 36 * (29 - 1) = 0,25 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0,253 * 36 * 15 = 0,137 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,25 + 0,137 = 0,387 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість надходження теплоти:

$$Q_1 = 0,25 + 0 + 0,13 + 0,1 + 0,01 + 0,387 = 0,877 \text{ кВт}$$

Камера заморожування та зберігання 2:

Північ:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (1 - 2) = -0,012 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,012 + 0 = -0,012 \text{ кВт}.$$

Південь:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (-2 - 1) = -0,037 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,037 + 0 = -0,037 \text{ кВт}.$$

Захід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (12 + 2) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

					00 КР 142.008.01.2023 ПЗ	Лист
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт}$$

Схід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (9 + 2) = 0,13 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,13 + 0 = 0,13 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = 0,253 * 36 * (2 + 2) = 0,036 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,036 + 0 = 0,036 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1t} = 0,253 * 36 * (29 + 2) = 0,282 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0,253 * 36 * 15 = 0,137 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,282 + 0,137 = 0,419 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість :

$$Q_1 = -0,012 - 0,037 + 0,17 + 0,13 + 0,036 + 0,419 = 0,706 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера зберігання 3:

Північ:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (-2 - 1) = -0,037 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,037 + 0 = -0,037 \text{ кВт}.$$

Південь:

$$Q_{1t} = 0,253 * 32,4 * (29 - 1) = 0,229 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0,253 * 32,4 * 15 = 0,123 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,229 + 0,123 = 0,352 \text{ кВт}$$

Захід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (12 - 1) = 0,137 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,137 + 0 = 0,137 \text{ кВт}$$

Схід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 32,4 * (9 - 1) = 0,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 0,1 + 0 = 0,1 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підлога:

$$Q_{1t} = 0.253 * 36 * (2 - 1) = 0.01 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,01 + 0 = 0,01 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1t} = 0.253 * 36 * (29 - 1) = 0.25 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0.253 * 36 * 15 = 0.137 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,25 + 0.137 = 0,387 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість:

$$Q_1 = -0.037 + 0.352 + 0.137 + 0.1 + 0.01 + 0,387 = 0.949 \text{ кВт}$$

Експедиція:

Північ:

$$Q_{1t} = 0.253 * 32.4 * (29 - 9) = 0.163 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,163 + 0 = 0,163 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Південь:

$$Q_{1t} = 0.253 * 32.4 * (29 - 9) = 0.163 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0.253 * 32.4 * 15 = 0.123 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0.163 + 0.123 = 0.286 \text{ кВт}$$

Захід:

$$Q_{1t} = 0.385 * 32.4 * (-2 - 9) = -0.137 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0.137 + 0 = -0.137 \text{ кВт}$$

Схід:

$$Q_{1t} = 0.253 * 32.4 * (29 - 12) = 0.163 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0.253 * 32.4 * 15 = 0.246 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0.163 + 0.246 = 0.409 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = (0.47 * 12 * (29 - 9)) + (0.23 * 12 * (29 - 9)) + (0.12 * 12 * (29 - 9)) = 0.424 \text{ кВт}$$

Покриття:

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{lt} = 0.253 * 36 * (29 - 9) = 0.182 \text{ кВт};$$

$$Q_{lc} = 0.253 * 36 * 15 = 0.136 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,182 + 0,136 = 0,318 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість :

$$Q_1 = 0.163 + 0.286 - 0.137 + 0.409 + 0.409 + 0,318 = 1.463 \text{ кВт}$$

Назва камери	Бік огороження	K_o^d Вт/ ($m^2 \cdot K$)	F, m^2	t_3 , $^{\circ}C$	$t_{вн}$, $^{\circ}C$	Δt	Q_{IT} , кВт	Δt	Q_{IC} , кВт	Q_1 кВт
Камера зберігання та 1	Північний	0,253	36	29	1	28	0,25	-	0	0,25
	Південний	0,385	32,4	-2	1	-3	-0,024	-	0	-0,024
	Західний	0,385	32,4	12	1	11	0,13	-	0	0,13
	Східний	0,385	32,4	9	1	8	0,1	-	0	0,1
	Підлога	0,253	36	2	1	1	0,01	-	0	0,01
	Покриття	0,253	36	29	1	28	0,25	15	0,137	0,387
Разом										0,853
Назва камери	Бік огороження	K_o^d Вт/ ($m^2 \cdot K$)	F, m^2	t_3 , $^{\circ}C$	$t_{вн}$, $^{\circ}C$	Δt	Q_{IT} , кВт	Δt	Q_{IC} , кВт	Q_1 кВт
Камера зберігання та заморожування 2	Північний	0,385	32,4	1	-2	0	-0,012	-	0	-0,012
	Південний	0,385	32,4	1	-2	0	-0,037	-	0	-0,037
	Західний	0,385	32,4	12	-2	14	0,17	-	0	0,17
	Східний	0,385	32,4	9	-2	11	0,13	-	0	0,13
	Підлога	0,253	36	2	-2	4	0,036	-	0	0,036
	Покриття	0,253	36	29	-2	31	0,282	15	0,137	0,419
Разом										0,706

Лист

00 КР 142.008.001.2023 ПЗ

37

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Назва камери	Бік огороження	K_o^d Вт/ ($m^2 \times K$)	F, m^2	t_z , $^{\circ}C$	$t_{вн}$, $^{\circ}C$	Δt	Q_{1T} , кВт	Δt	Q_{1C} , кВт	Q_1 кВт
Камера зберігання 3	Північний	0,385	32,4	-2	1	0	-0,037	-	0	-0,037
	Південний	0,253	32,4	29	1	28	0,229	15	0,123	0,352
	Західний	0,385	32,4	12	1	11	0,137	-	0	0,137
	Східний	0,385	32,4	9	1	8	0,1	-	0	0,1
	Підлога	0,253	36	2	1	1	0,01	-	0	0,01
	Покриття	0,253	36	29	1	28	0,25	15	0,137	0,387
Разом										0,949

Назва	Бік огороження	K_o^d Вт/ ($m^2 \times K$)	F, m^2	t_z , $^{\circ}C$	$t_{вн}$, $^{\circ}C$	Δt	Q_{1T} , кВт	Δt	Q_{1C} , кВт	Q_1 кВт
Експедиція	Північний	0,253	32,4	29	9	20	0,163	-	0	0,163
	Південний	0,253	32,4	29	9	20	0,163	15	0,123	0,286
	Західний	0,385	32,4	-2	9	-11	-0,137	-	0	-0,137
	Східний	0,253	32,4	29	9	20	0,163	15	0,246	0,409
	Підлога	0,253	36	29	9	20	0,424	-	0	0,424
	Покриття	0,253	36	29	9	20	0,182	15	0,136	0,318
Разом										1,463

Теплонадходження , яке виникає при охолодженні продуктів

$$Q_2 = Q_{2n} + Q_{2m}$$

де Q_{2n} – надходження тепла від продуктів при обробці, Вт;

Q_{2m} - надходження тепла від тари, Вт.

Знаходимо надходження тепла від продуктів:

$$Q_{2n} = Md * (i_n - i_k) * \frac{1000}{t * 3600}, \text{ Вт}$$

Де Md - добове надходження продукції в камеру, т/добу ;

i_n - ентальпія продукту початкова, кДж / кг ;

i_k - ентальпія продукту кінцева, кДж / кг ;

t - час обробки, год .

$$Q_{2T} = M_{дт} * c_t * (t_n - t_k) * \frac{1000}{t * 3600} \text{ Вт}$$

де $M_{дт}$ - добове надходження тари в камеру, т/добу ;

t_n - температура тари початкова, °С ;

t_k - температура тари кінцева, °С ;

t - час обробки, год ;

C - теплоємність тари, кДж/(кг * К).

Камера зберігання №1:

$$Q_{2n} = M_d * (i_n - i_k) * \frac{1000}{t * 3600} = 0,7 * (85,96 - 42,19) * \frac{1000}{50,5 * 3600} = 0,168 \text{ кВт}$$

$$Q_{2T} = M_{дт} * c_t * (t_n - t_k) * \frac{1000}{t * 3600} = 0,07 * 2,3 * (18 - 1) * \frac{1000}{50,5 * 3600} = 0,0077 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = Q_{2n} + Q_{2m} = 0,168 + 0,0077 = 0,175 \text{ кВт}$$

Камера зберігання та заморожування №2:

$$Q_{2n} = M_d * (i_n - i_k) * \frac{1000}{t * 3600} = 3,5 * (94,65 - 48,12) * \frac{1000}{50,5 * 3600} = 0,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{2T} = M_{дт} * c_t * (t_n - t_k) * \frac{1000}{t * 3600} = 0,1 * 3,5 * 2,3 * (21 + 2) * \frac{1000}{50,5 * 3600} = 0,101 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = Q_{2n} + Q_{2m} = 0,9 + 0,101 = 1 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера зберігання №3:

$$Q_{2n} = M_d * (i_n - i_k) * \frac{1000}{t * 3600} = 0,625 * (74,54 - 34,84) * \frac{1000}{50,5 * 3600} = 0,136 \text{ кВт}$$

$$Q_{2T} = M_{dm} * c_t * (t_n - t_k) * \frac{1000}{t * 3600} = 0,1 * 0,625 * 2,3 * (18 - 1) * \frac{1000}{50,5 * 3600} = 0,015 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = Q_{2n} + Q_{2m} = 0,136 + 0,015 = 0,151 \text{ кВт}$$

Номер камери	t _{кам} °C	M _д т/доб	M _{дТ} т/доб	t _п °C	t _к °C	i _п кДж/кг	i _к кДж/кг	C _т кДж/кгК	t год	Q _{2п} кВт	Q _{2Т} кВт	Q ₂ кВт
№1	-2	0,7	0,075	18	-2	85,96	42,19	2,3	50,5	0,168	0,0077	0,175
№2	-2	3,5	0,35	21	-2	94,65	48,12	2,3	50,5	0,9	0,101	1
№3	-2	0,625	0,0625	18	-2	74,54	38,84	2,3	50,5	0,136	0,015	0,151

Розрахунок теплонадходжень під час експлуатації:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \text{ кВт}$$

де q₁ - надходження тепла від освітлення, кВт; q₂ - надходження тепла від людей, кВт; q₃ - надходження тепла від роботи електродвигунів, кВт; q₄ - надходження тепла через двері, кВт.

Надходження тепла від освітлення:

$$q_1 = A * F, \text{ кВт}$$

де A - питоме теплонадходження від приладів на 1 м² підлоги, Вт/м²;

F - площа камери, м².

Надходження тепла від людей

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_2 = 350 * n, \text{ кВт}$$

де n - кількість людей, чол; 350 – надходження тепла від однієї людини, Вт/чол.

Надходження тепла від роботи електродвигунів

$$q_3 = N_{ел}, \text{ кВт}$$

де $N_{ел}$ - сумарна потужність електродвигунів, кВт.

Надходження тепла через двері

$$q_4 = K * F, \text{ кВт}$$

де K - питомий теплонадходження від дверей, Вт/м² ;

F - площа камери, м² .

Камера зберігання №1 :

$$q_1 = A * F = 5 * 36 = 0.18 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 350 * n = 350 * 5 = 1.75 \text{ кВт}$$

$$q_3 = N_{ел} = 10 \text{ кВт}$$

$$q_4 = K * F = 4 * 36 = 0.144 \text{ кВт}$$

Камера зберігання та заморожування №2 :

$$q_1 = A * F = 4 * 36 = 0.144 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 350 * n = 350 * 4 = 1.4 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_3 = N_{ел} = 8 \text{ кВт}$$

$$q_4 = K * F = 3.6 * 36 = 0.13 \text{ кВт}$$

Камера зберігання №3 :

$$q_1 = A * F = 6 * 36 = 0.21 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 350 * n = 350 * 5 = 1.05 \text{ кВт}$$

$$q_3 = N_{ел} = 4 \text{ кВт}$$

$$q_4 = K * F = 5 * 36 = 0.18 \text{ кВт}$$

Експедиція:

$$q_1 = A * F = 5 * 36 = 0.18 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 350 * n = 350 * 8 = 2,8 \text{ кВт}$$

$$q_3 = N_{ел} = 10 \text{ кВт}$$

$$q_4 = K * F = 6,5 * 36 = 0.23 \text{ кВт}$$

Номер приміщення	F _д	A	q ₁	n	q ₂	N _{ел}	q ₃	K	q ₄	Q ₄
	м ²	Вт/м ²	кВт	чол	Вт	кВт	кВт	Вт/м ²	кВт	кВт
№1	36	5	0,18	5	1,75	10	10	4	0,144	12
№2	36	4	0,144	4	1,4	8	8	3,6	0,13	9,6
№3	36	6	0,21	5	1,05	4	4	5	0,18	5,9
№4	36	5	0,18	8	2,8	10	10	6,5	0,23	13,21

Приміщення	t _{кам} °C	Q ₁ , кВт	Q ₂ , кВт	Q ₄ , кВт	Q, кВт
№1	+1	0,853	0,175	12	13,028
№2	-2	0,706	1	9,6	11,306
№3	+1	0,949	0,151	5,9	7
№4	9	1,463	-	13,21	14,673

6. Визначення навантаження для забезпечення роботи камер та компресорів

Навантаження на компресор $Q_{км}$ складається із усіх теплонадходжень.

Вплив на роботу компресора від т надходження тепла через огорожуючі конструкції:

$$Q_{1км} = 0.9 * Q_1 ;$$

Вплив на роботу компресора від термічної обробки продуктів :

$$Q_{2км} = Q_2 ;$$

Вплив на роботу компресора від експлуатаційного надходження тепла:

$$Q_{4км} = 0,75 * Q_4 ;$$

Навантаження на компресор, при $t_0 = -10$ °C (камери 1,3 ; $t_k = 1$ °C)

$$Q_{5км} = 0.9 * \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0.75 * \sum Q_4 = 0.9 * (0.853 + 0.949) + (0.175 + 0.151) + 0.75 * (12 + 5.9) = 15,37$$

кВт

Необхідна холодопродуктивність:

$$Q_0 = \frac{k * \sum Q_{5км}}{b} = \frac{1.12 * 15,37}{0.9} = 19,12 \text{ кВт}$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах холодильного обладнання (приймаю 1,12);

$\sum Q_{км}$ – сумарне навантаження на компресори;

b - коефіцієнт робочого часу х. у. (0.9).

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження на компресор, при $t_0 = -14$ °C (камера 2 $t_k = -2$ °C)

$$Q_{5кМ} = 0.9 * \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0.75 * \sum Q_4 = 0.9 * 0,706 + 1 + 0.75 * 9,6 = 9 \text{ кВт}$$

Необхідна холодопродуктивність:

$$Q_0 = \frac{k * \sum Q_{5кМ}}{b} = \frac{1.12 * 9}{0.9} = 11 \text{ кВт}$$

Навантаження на компресор при $t_0 = -2$ °C (експедиція $t_k = 9$ °C)

$$Q_{5кМ} = 0.9 * \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0.75 * \sum Q_4 = 0.9 * 1.463 + 0.75 * 13,21 = 11,22 \text{ кВт}$$

Необхідна холодопродуктивність:

$$Q_0 = \frac{k * \sum Q_{5кМ}}{b} = \frac{1.12 * 11,22}{0.9} = 14 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Вибір оптимальної системи охолодження та вибір підходящої холодильної установки для забезпечення роботи камер

Коректний вибір системи охолодження та типу холодильної установки, а також використання енергоефективних технологій та матеріалів, дозволяє забезпечити ефективне та економічне зберігання продуктів.

У проекті використовуються холодильні камери з високою теплоізоляційною здатністю, що дозволяє зменшити надходження тепла від зовнішнього середовища. Крім того, встановлюються автоматичні системи контролю температури та вологості, що дозволяє забезпечити стабільні умови зберігання продуктів.

Це дозволяє зменшити надходження тепла від обладнання до приміщення, що забезпечує економію електроенергії та забезпечує більш ефективне охолодження продуктів. Також, це дозволяє зменшити капітальні витрати на будівництво допоміжних приміщень та трубопроводів.

Передбачається встановлення одноступеневої системи. Подача холодоагенту в систему охолодження буде здійснюватися за допомогою пан-пресової системи. Охолодження камери буде здійснюватися безпосередньо, а пропіленгліколь буде використовуватися як проміжний теплоносій. В якості холодильного агента використовую фреон R507.

Вирішую встановити повітряний конденсатор. Цей тип конденсатора забезпечує ефективний теплообмін між охолоджувачем та середовищем, що дозволяє забезпечити стабільну роботу системи.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розрахунок робочого режиму робочого режиму, побудова циклу та визначення теплових параметрів холодильної машини. Підбір відповідних компресорів

Вибір компресорів

Потрібно визначити необхідні параметри: температуру кипіння t_0 , температуру конденсації t_k , температуру всмоктування $t_{вс}$ та температуру переохолодженням $t_{перох.}$

Як правило, температура кипіння на 5-15 К нижче, ніж в камерах з безпосереднім охолодженням

$$t_0 = t_{к.1,3} - 10 = 1 - 9 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_0 = t_{к2} - 12 = -2 - 12 = -14 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_0 = t_{к.4} - 11 = 9 - 11 = -2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура і тиск конденсації залежать від температури вологого термометра.

Для м. Одеса в літку становить $t_{м.т} = 24^\circ\text{C}$.

Температура конденсації :

$$t_k = t_{м.т.} + 6 \dots 8 + 2 \dots 4 \text{ К} = 24 + 7 + 3 = 34 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура переохолодження складає 2-3 К:

$$t_{пер} = t_k - 2 \dots 3 \text{ К} = 34 - 3 = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура всмоктування парів у на 10-20 К вище температури кипіння.

$$t_{вс.1,3} = t_{0.1-3} + 12 = -10 + 12 = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

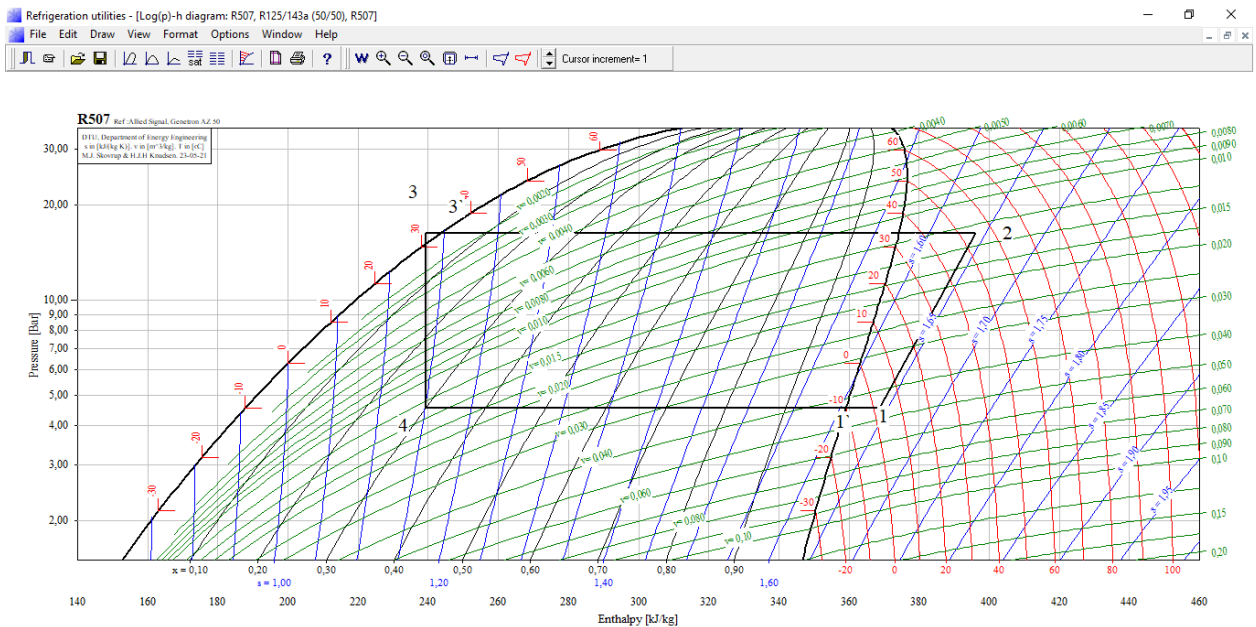
$$t_{вс.2} = t_{02} + 14 = -14 + 14 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{вс.4} = t_{0.4} + 12 = -2 + 12 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок системи охолодження для камер 1,3

Цикл роботи холодильної установки в $\lg P-h$ діаграмі для R507



Точка	t, °C	p, бар	h, кДж/кг	v, м³/кг
1'	-10	4,5	359	0,04
1	2	4,5	370	0,05
2	54	16	396	0,013
3'	34	16	244	0,001
3	31	16	237	-
4	10	4,5	239	0,013
2p	60	16	402	0.014

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

00 КР 142.008.001.2023 ПЗ

Лист

48

Масова витрата холодильного агенту:

$$m = \frac{Q}{h1 - h4} = \frac{19.12}{370 - 239} = 0.146 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Індикаторний ККД:

$$ni = \lambda\omega + b * t0$$

де $\lambda\omega$ – тепловий коефіцієнт, $b = 0,0025$ – для фреону.

Тепловий коефіцієнт:

$$\lambda\omega = \frac{T0}{Tk} = \frac{273 - 10}{273 + 34} = 0.857$$

Індикаторний ККД:

$$ni = 0.857 + 0.0025 * (-10) = 0.832$$

Реальна точка кінця процесу стискання:

$$h2p = h1 + \frac{h2 - h1}{ni} = 370 + \frac{396 - 370}{0.832} = 402 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Якщо встановлюється поршневий компресор, то коефіцієнт подачі λ :

$$\lambda = \lambda_i + \lambda\omega$$

де λ_i – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} - c \left[\left(\frac{p_k + \Delta p_n}{p_0} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} \right],$$

де $\Delta p_{вс}$ – депресія на всмоктуванні, $\Delta p_{вс}=5...10$ кПа (приймаю $\Delta p_{вс}=0,007$ МПа);

Δp_n – депресія на нагнітанні, $\Delta p_n=5...10$ кПа (приймаю $p_n=0,007$ МПа);

$c=0,03...0,05$ – відносний мертвий простір (приймаю $c=0,05$);

n – показник політропи розширення (приймаю $n=1,2$).

$$\lambda_i = \frac{0.45 - 0.007}{0.45} - 0.05 * \left[\left(\frac{1.6 + 0.007}{0.45} \right)^{\frac{1}{1.2}} - \frac{0.45 - 0.007}{0.45} \right] = 0.89$$

$$\lambda = 0.857 * 0.832 = 0.713$$

Встановлюю поршневі компресори:

$$V_{d(1)} = m * v_1 = 0.146 * 0.05 = 0.0073 \frac{m^3}{c} = 26.28 \frac{m^3}{год}$$

$$V_{m1} = \frac{V_{d(1)}}{\lambda} = \frac{0.0073}{0.713} = 0.01 \frac{m^3}{c} = 36 \frac{m^3}{год}$$

2 напівгерметичних поршневих компресора Bitzer 4TES-12Y з об'ємною подачею:

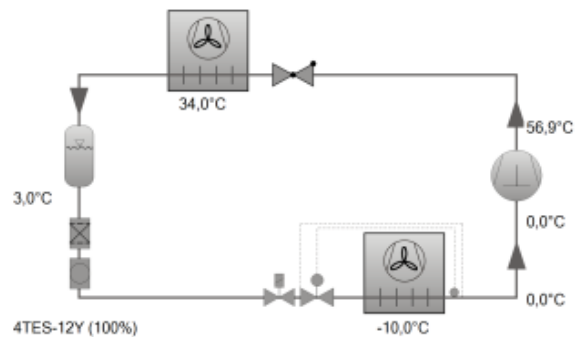
$$V_{d(1)} = 41.33 \frac{m^3}{год} = 0.011 \frac{m^3}{c}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Compressor model	4TES-12Y
Mode	Refrigeration and Air conditioning
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-10,00 °C
Condensing SDT	34,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	31,0 K
Suction gas temperature	0 °C
Operating mode	Auto
Power supply	400V-3-50Hz
Capacity control	100%
Useful superheat	100%



Result

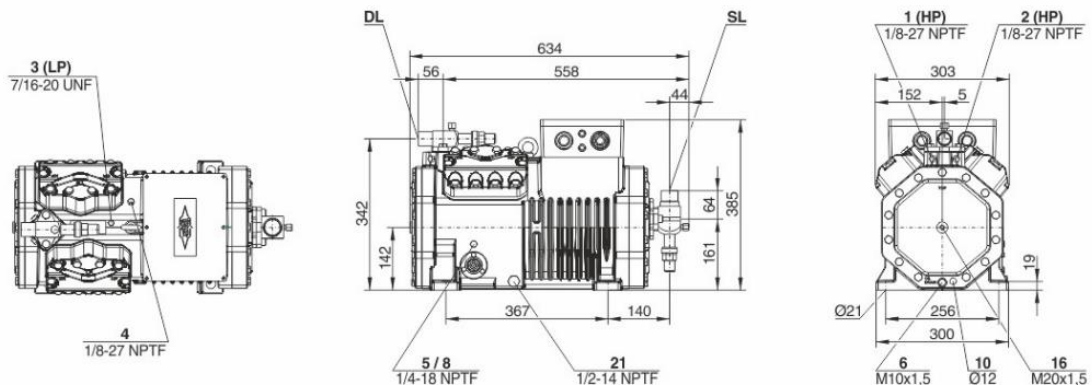
Compressor	4TES-12Y-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	34,8 kW
Cooling capacity *	26,6 kW
Evaporator capacity	34,8 kW
Power input	8,07 kW
Current (400V)	14,44 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	42,9 kW
COP/EER	4,31
COP/EER *	3,29
Mass flow	776 kg/h
Operating mode	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	56,9 °C

Tentative Data.

*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

Technical Data: 4TES-12Y

Dimensions and Connections



Дійсна масова витрата:

$$M = \frac{\lambda * Vd(1)}{v1} = \frac{0.713 * 0.007}{0.05} = 0.157 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Теоретична потужність:

$$Nm = M * (h2p - h1) = 0.1 * (402 - 370) = 5 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність:

$$Ni = \frac{Nm}{ni} = \frac{5}{0.832} = 6 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність :

$$Ne = \frac{Ni}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{6}{0.9} = 6,66 \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД компресора;

Електрична потужність компресора:

$$Nee = \frac{Ne}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{6,66}{0,8} = 8,3 \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{ел}}$ – електричний ККД електродвигуна.

На кожний компресор встановлено двигун з потужністю 14 кВт.

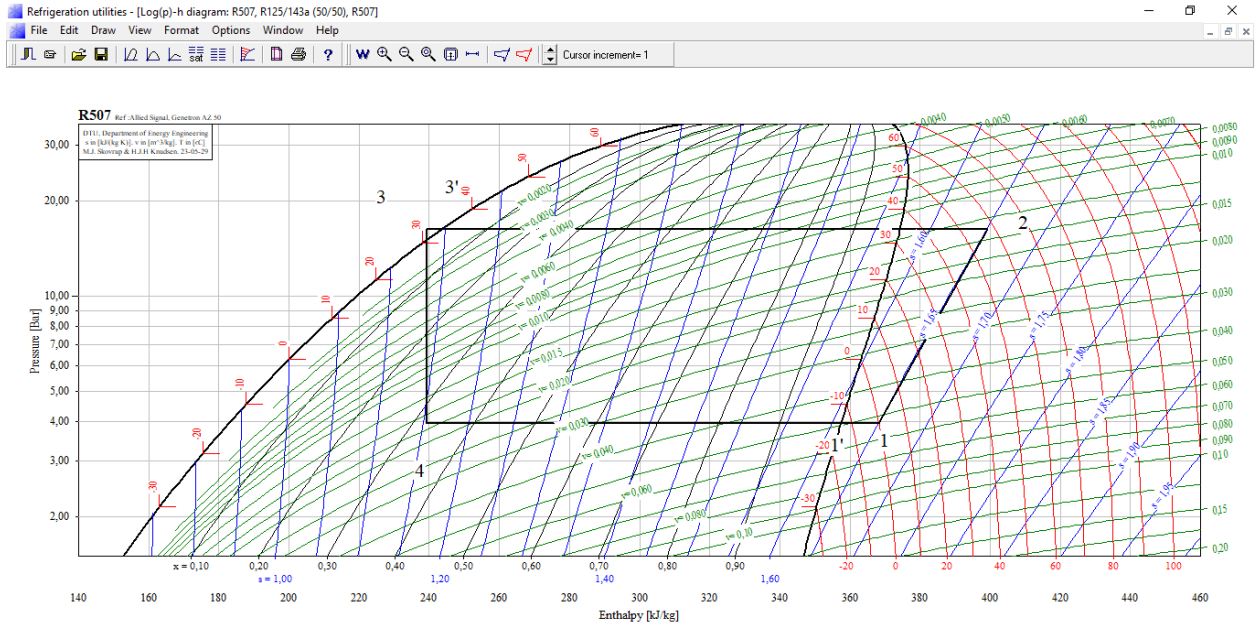
Навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = \sum M * (h2p - h3) = 2 * 0.157 * (402 - 244) = 50 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок системи охолодження для камери 2

Цикл роботи холодильної установки в $\lg P-h$ діаграмі для R507



№ точки	t, °C	p, бар	h, кДж/кг	v, м³/кг
1'	-14	4	357	0.05
1	0	4	368	0.053
2	57	16	400	0.013
3'	34	16	244	0,001
3	31	16	237	-
4	-14	4	237	0.016
2p	65	16	407	0.014

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

00 КР 142.008.001.2023 ПЗ

Лист

53

Масова витрата холодильного агенту:

$$m = \frac{Q}{h_1 - h_4} = \frac{10}{368 - 237} = 0.076 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Індикаторний ККД:

$$n_i = \lambda_\omega + b * t_0$$

де λ_ω – тепловий коефіцієнт, $b = 0,0025$ – для фреону.

Тепловий коефіцієнт:

$$\lambda_\omega = \frac{T_0}{T_k} = \frac{273 - 14}{273 + 34} = 0.844$$

Індикаторний ККД:

$$n_i = 0.844 + 0.0025 * (-14) = 0.809$$

Реальна точка кінця процесу стискування:

$$h_{2p} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{n_i} = 368 + \frac{400 - 368}{0.81} = 407 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Якщо встановлюється поршневий компресор, то коефіцієнт подачі λ :

$$\lambda = \lambda_i + \lambda_\omega$$

де λ_i – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора.

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} - c \left[\left(\frac{p_k + \Delta p_n}{p_0} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} \right],$$

де $\Delta p_{\text{вс}}$ – депресія на всмоктуванні, $\Delta p_{\text{вс}}=5...10$ кПа (приймаю $\Delta p_{\text{вс}}=0,007$ МПа);

$\Delta p_{\text{н}}$ – депресія на нагнітанні, $\Delta p_{\text{н}}=5...10$ кПа (приймаю $p_{\text{н}}=0,007$ МПа);

$c=0,03...0,05$ – відносний мертвий простір (приймаю $c=0,05$);

n – показник політропи розширення (приймаю $n=1,2$).

$$\lambda_i = \frac{0.4 - 0.007}{0.4} - 0.05 * \left[\left(\frac{1.6 + 0.007}{0.4} \right)^{\frac{1}{1.2}} - \frac{0.4 - 0.007}{0.4} \right] = 0.872$$

$$\lambda = 0.844 * 0.87 = 0.736$$

Встановлюю поршневі компресори:

$$Vd(1) = m * v_1 = 0.076 * 0.053 = 0.004 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 14.5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$V_{m1} = \frac{Vd(1)}{\lambda} = \frac{0.004}{0.736} = 0.0054 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 19.56 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

2 напівгерметичних поршневих компресора Bitzer 2EES-6Y зоб'ємною подачею:

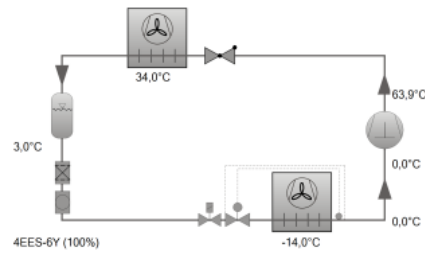
$$Vd(1) = 22,72 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0.0063 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Compressor model	4EES-6Y
Mode	Refrigeration and Air conditioning
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-14,00 °C
Condensing SDT	34,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	31,0 K
Suction gas temperature	0 °C
Operating mode	Auto
Power supply	400V-3-50Hz
Capacity control	100%
Useful superheat	100%



Result

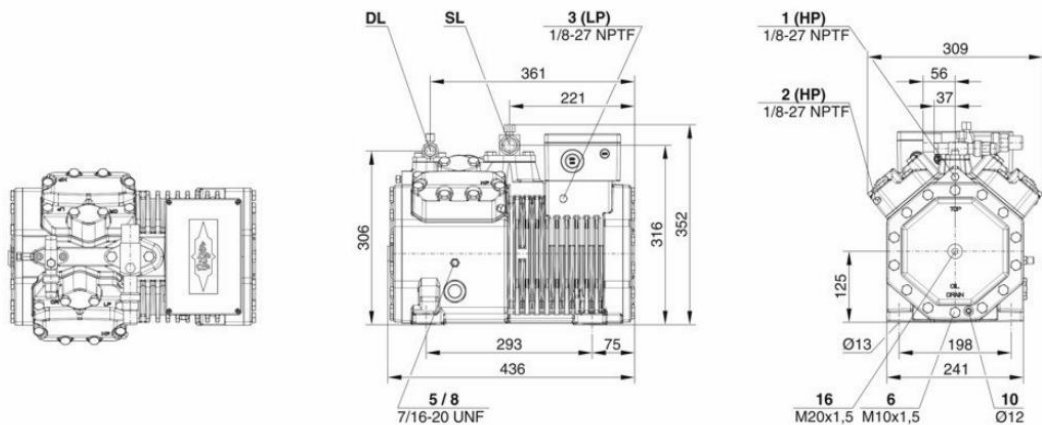
Compressor	4EES-6Y-40S
Capacity steps	100%
Cooling capacity	15,91 kW
Cooling capacity *	12,19 kW
Evaporator capacity	15,91 kW
Power input	4,31 kW
Current (400V)	7,95 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	20,2 kW
COP/EER	3,69
COP/EER *	2,83
Mass flow	352 kg/h
Operating mode	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	63,9 °C

Tentative Data.

*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

Technical Data: 4EES-6Y

Dimensions and Connections



Дійсна масова витрата:

$$M = \frac{\lambda * Vd(1)}{v1} = \frac{0.736 * 0.0063}{0.053} = 0.087 \frac{кг}{с}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР 142.008.001.2023 ПЗ

Лист

56

Теоретична потужність:

$$N_m = M * (h_{2p} - h_1) = 0.087 * (407 - 368) = 3,4 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_m}{\eta_i} = \frac{3,4}{0.809} = 4.2 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{4.2}{0.9} = 4.6 \text{ кВт}$$

Електрична потужність:

$$N_{\text{еел}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{4,6}{0,8} = 5,75$$

На кожний компресор встановлено двигун потужністю 7.6 кВт.

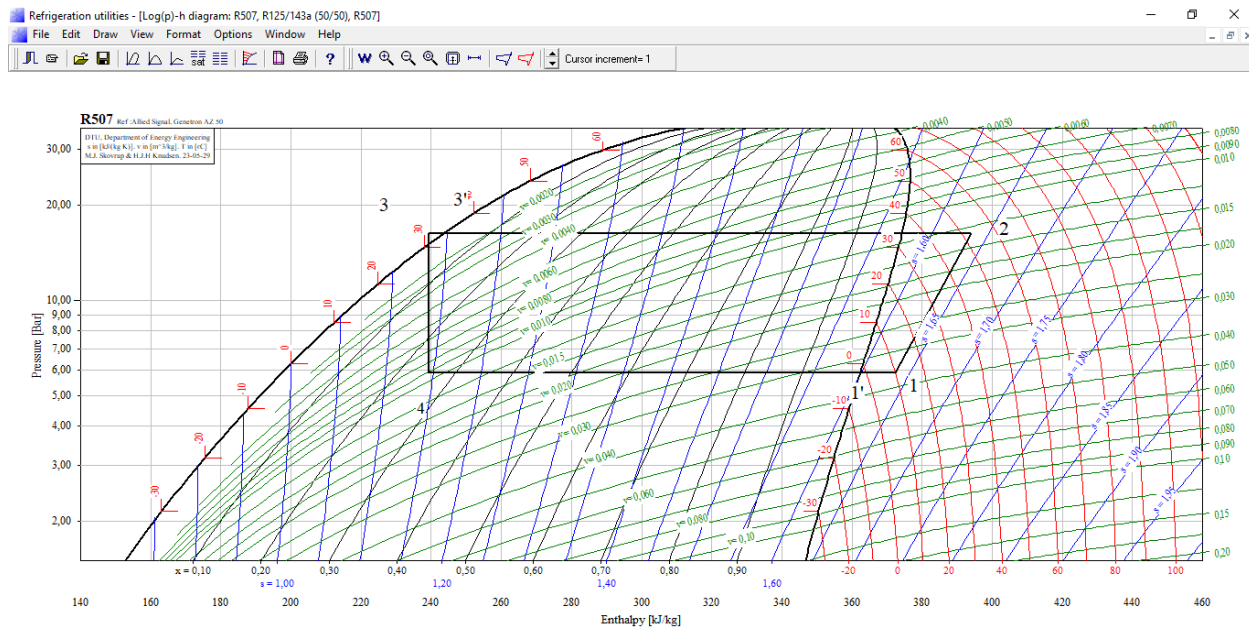
Навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = \sum M * (h_{2p} - h_3) = 2 * 0.087 * (407 - 244) = 28.3 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок системи охолодження для експедиції

Цикл роботи холодильної установки в $\lg P-h$ діаграмі для R507



№ точки	t, °C	p, бар	h, кДж/кг	v, м³/кг
1'	-2	5.8	363	0.033
1	10	5.8	373	0.035
2	52	16	393	0.013
3'	34	16	244	0,001
3	31	16	237	-
4	-2	5.8	239	0.01
2p	54	16	395	0.014

Масова витрата холодильного агенту:

$$m = \frac{Q}{h1 - h4} = \frac{14}{373 - 239} = 0.104 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Індикаторний ККД :

$$ni = \lambda\omega + b * t0$$

де $\lambda\omega$ – тепловий коефіцієнт, $b = 0,0025$ – для фреону.

Тепловий коефіцієнт:

$$\lambda\omega = \frac{T0}{Tk} = \frac{273 - 2}{273 + 34} = 0.883$$

Індикаторний ККД:

$$ni = 0.883 + 0.0025 * (-2) = 0.878$$

Реальну точка кінця процесу стискання:

$$h2p = h1 + \frac{h2 - h1}{ni} = 373 + \frac{393 - 373}{0.878} = 395 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Якщо встановлюється поршневий компресор, токоефіцієнт подачі λ :

$$\lambda = \lambda_i + \lambda\omega$$

де λ_i – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора.

$$\lambda_i = \frac{p0 - \Delta p_{вс}}{p0} - c \left[\left(\frac{p_k + \Delta p_n}{p0} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{p0 - \Delta p_{вс}}{p0} \right],$$

де $\Delta p_{вс}$ – депресія на всмоктуванні, $\Delta p_{вс}=5...10$ кПа (приймаю $\Delta p_{вс}=0,007$ МПа);

$\Delta p_{н}$ – депресія на нагнітанні, $\Delta p_{н}=5...10$ кПа (приймаю $p_{н}=0,007$ МПа);

$c=0,03...0,05$ – відносний мертвий простір (приймаю $c=0,05$);

n – показник політропи розширення (приймаю $n=1,2$).

$$\lambda_i = \frac{0.58 - 0.007}{0.58} - 0.05 * \left[\left(\frac{1.6 + 0.007}{0.58} \right)^{\frac{1}{1.2}} - \frac{0.58 - 0.007}{0.58} \right] = 0.92$$

$$\lambda = 0.9 * 0.883 = 0.812$$

Встановлюю поршневі компресори:

$$Vd(1) = m * v_1 = 0.104 * 0.035 = 0.0036 \frac{м^3}{с} = 13 \frac{м^3}{год}$$

$$V_{m1} = \frac{Vd(1)}{\lambda} = \frac{0.0036}{0.812} = 0.0044 \frac{м^3}{с} = 15.84 \frac{м^3}{год}$$

2 напівгерметичних поршневих компресора Bitzer 4FES-5Y зоб'ємною подачею:

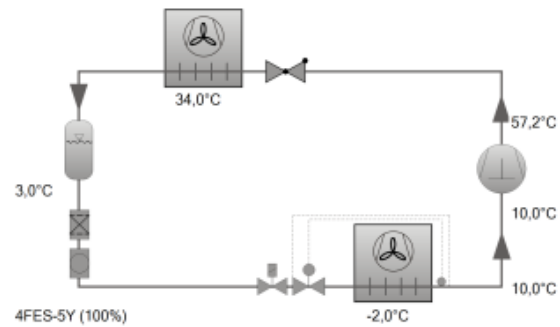
$$Vd(1) = 18.05 \frac{м^3}{год} = 0.005 \frac{м^3}{с}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Compressor model	4FES-5Y
Mode	Refrigeration and Air conditioning
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-2,00 °C
Condensing SDT	34,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	31,0 K
Suction gas temperature	10,00 °C
Operating mode	Auto
Power supply	400V-3-50Hz
Capacity control	100%
Useful superheat	100%



Result

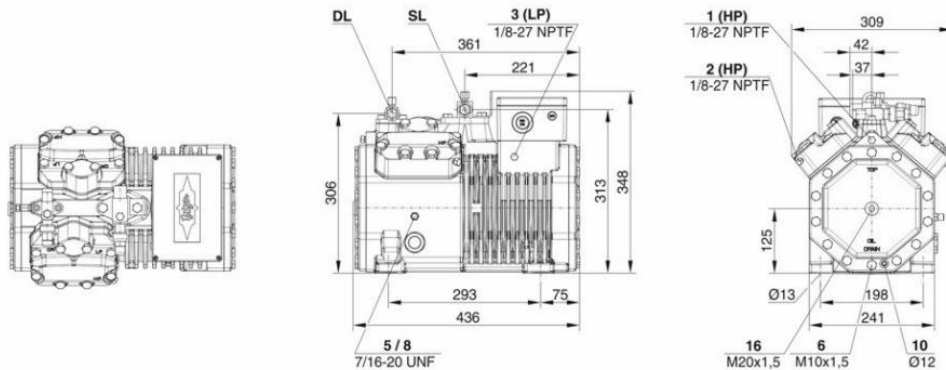
Compressor	4FES-5Y-40S
Capacity steps	100%
Cooling capacity	20,9 kW
Cooling capacity *	15,66 kW
Evaporator capacity	20,9 kW
Power input	3,90 kW
Current (400V)	7,42 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	24,8 kW
COP/EER	5,37
COP/EER *	4,02
Mass flow	448 kg/h
Operating mode	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	57,2 °C

Tentative Data.

*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

Technical Data: 4FES-5Y

Dimensions and Connections



Дійсна масова витрата:

$$M = \frac{\lambda * Vd(1)}{v1} = \frac{0.812 * 0.005}{0.035} = 0.116 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Теоретична потужність:

$$Nm = M * (h2p - h1) = 0.104 * (391 - 374) = 2.28 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність:

$$Ni = \frac{Nm}{ni} = \frac{2.28}{0.878} = 2.6 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність:

$$Ne = \frac{Ni}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{2.6}{0.9} = 2.9 \text{ кВт}$$

Електрична потужність:

$$Nee = \frac{Ne}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{2.9}{0.8} = 3.625$$

На кожний компресор встановлено двигун, з потужністю 5.8 кВт.

Навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = \sum M * (h2p - h3) = 2 * 0.104 * (395 - 244) = 31.408 \text{ кВт}$$

9. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання

Розрахунок конденсаторів

Конденсатор для камер зберігання 1,3

Навантаження на конденсатор $Q_{к.д.} = 50$ кВт.

Використовуючи програму підбору Mu Guntner, здійснюю вибір повітряного конденсатора GCHC RD 050.2/22-47-4236334M:

Capacity:	50.0 kW ⁽¹⁾
Air flow:	28350 m ³ /h
Air inlet:	29.0 °C 60 %
Altitude:	0.0 m
Air velocity:	1.6 m/s
Heat transf. coeff.:	23.79 W/(m ² ·K)
Fans (AC):	4 Piece(s) 3~400V 50HzY/(Δ)
Data per motor (nominal data):	
Speed:	1180 min ⁻¹ / (1390 min ⁻¹)
Capacity(el.):	0.55 kW
Current:	0.90 A ⁽³⁾
Total el. power consumption:	2.07 kW
Casing:	Galv. Steel, RAL 7035
Surface:	602.2 m ²
Tube volume:	52.0 l

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

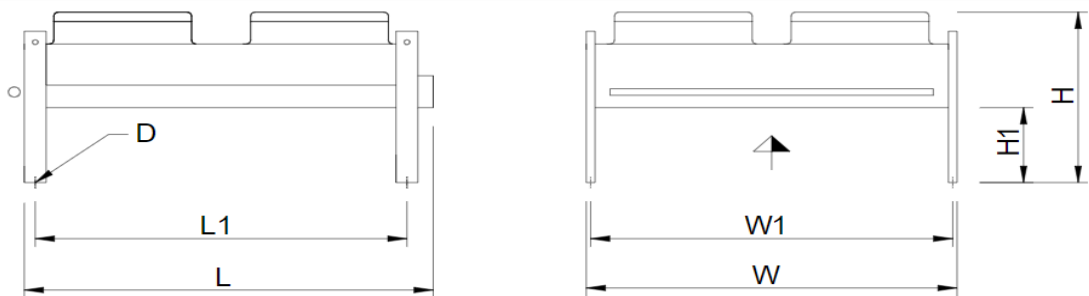
Refrigerant: R507A⁽²⁾
 Hot gas temp.: 63.0 °C
 Condensation temp. (dew pt.): 34.1 °C
 Condensate outlet: 32.9 °C
 Hot gas flow: 13.43 m³/h
 Mass flow: 1095 kg/h
 Pressure drop: 0.092 bar / 0.23 K

Noise pressure level: 47 dB(A) in 10.0 m⁽⁴⁾
 Noise power level: 79 dB(A)
 ErP: Compliant⁽⁵⁾

Energy efficiency class: D

Tubes: Copper⁽⁶⁾
 Fins: Aluminum⁽⁶⁾

Connections per unit:



На кожную камеру окремий конденсатор

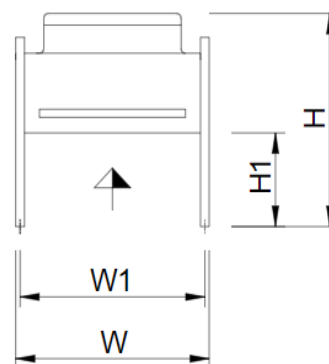
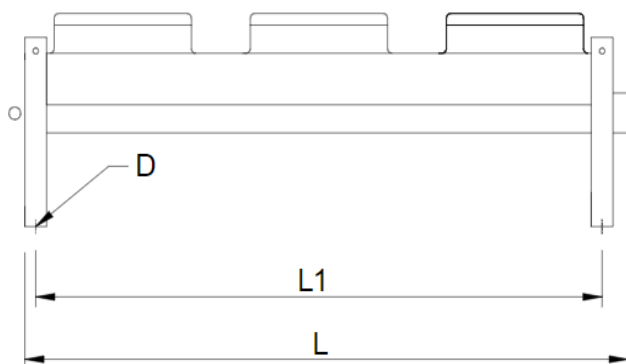
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Конденсатор для камери 2

Навантаження на конденсатор $Q_{к.д.} = 28,3$ кВт.

Використовуючи програму підбору My Guntner, здійснюю вибір повітряного конденсатора GCHC RD 050.2/13-45-4240030M:

Capacity:	28.3 kW ⁽¹⁾
Air flow:	17799 m ³ /h
Air inlet:	29.0 °C 60 %
Altitude:	0.0 m
Air velocity:	2.3 m/s
Heat transf. coeff.:	28.21 W/(m ² ·K)
Fans (AC):	3 Piece(s) 3~400V 50HzY/(Δ)
Data per motor (nominal data):	
Speed:	1180 min-1 / (1390 min-1)
Capacity(el.):	0.55 kW
Current:	0.90 A ⁽³⁾
Total el. power consumption:	1.65 kW
Casing:	Galv. Steel, RAL 7035
Surface:	271 m ²
Tube volume:	22.6 l



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Refrigerant:	R507A ⁽²⁾
Hot gas temp.:	63.0 °C
Condensation temp. (dew pt.):	33.9 °C
Condensate outlet:	32.7 °C
Hot gas flow:	7.64 m ³ /h
Mass flow:	618 kg/h
Pressure drop:	0.088 bar / 0.22 K

Noise pressure level:	45 dB(A) in 10.0 m ⁽⁴⁾
Noise power level:	76 dB(A)
ErP:	Compliant ⁽⁵⁾

Energy efficiency class:	D
Tubes:	Copper ⁽⁶⁾
Fins:	Aluminum ⁽⁶⁾
Connections per unit:	

Конденсатор для експедиції

Навантаження на конденсатор $Q_{к.д.} = 31,4$ кВт.

Програмою підбору Mu Guntner, здійснюю вибір повітряного конденсатора GCHV RD 090.2OF/11A-60-0PGM.293M:

Refrigerant:	R507A ⁽²⁾
Hot gas temp.:	63.0 °C
Condensation temp. (dew pt.):	34.1 °C
Condensate outlet:	32.6 °C
Hot gas flow:	8.44 m ³ /h
Mass flow:	685 kg/h
Pressure drop:	0.17 bar / 0.41 K

Noise pressure level:	60 dB(A) in 10.0 m ⁽⁴⁾
Noise power level:	92 dB(A)

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Capacity:	31.4 kW ⁽¹⁾
Air flow:	29409 m ³ /h
Air inlet:	29.0 °C 60 %
Altitude:	0.0 m
Air velocity:	3.3 m/s
Heat transf. coeff.:	26.75 W/(m ² ·K)

Fans (AC): 1 Piece(s) 3~400V 50HzΔ/(Y)

Data per motor (nominal data):

Speed:	890 min ⁻¹ / (700 min ⁻¹)
Capacity(mech./el.):	2.79 kW/3.60 kW
Current:	7.20 A ⁽³⁾

Підбір випарників

Для камери 1

Коефіцієнт теплопередачі K=15 Вт/(м²К).

Розрахунковий температурний напір:

$$\Delta t = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{2.3 * \ln \frac{t_{s1} - t_0}{t_{s2} - t_0}} = \frac{1 - (-6)}{2.3 * \ln \frac{1 - (-10)}{(-6) - (-10)}} = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де t_{s1}, t_{s2}, t₀ – відповідно температура води на вході, виході з випарника та кипіння.

Приймаємо: t_{s1} = 1 °C, t_{s2} = -6 °C, t₀ = -10 °C.

					00 КР 142.008.021.2023 ПЗ	Лист
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна площа теплообміну:

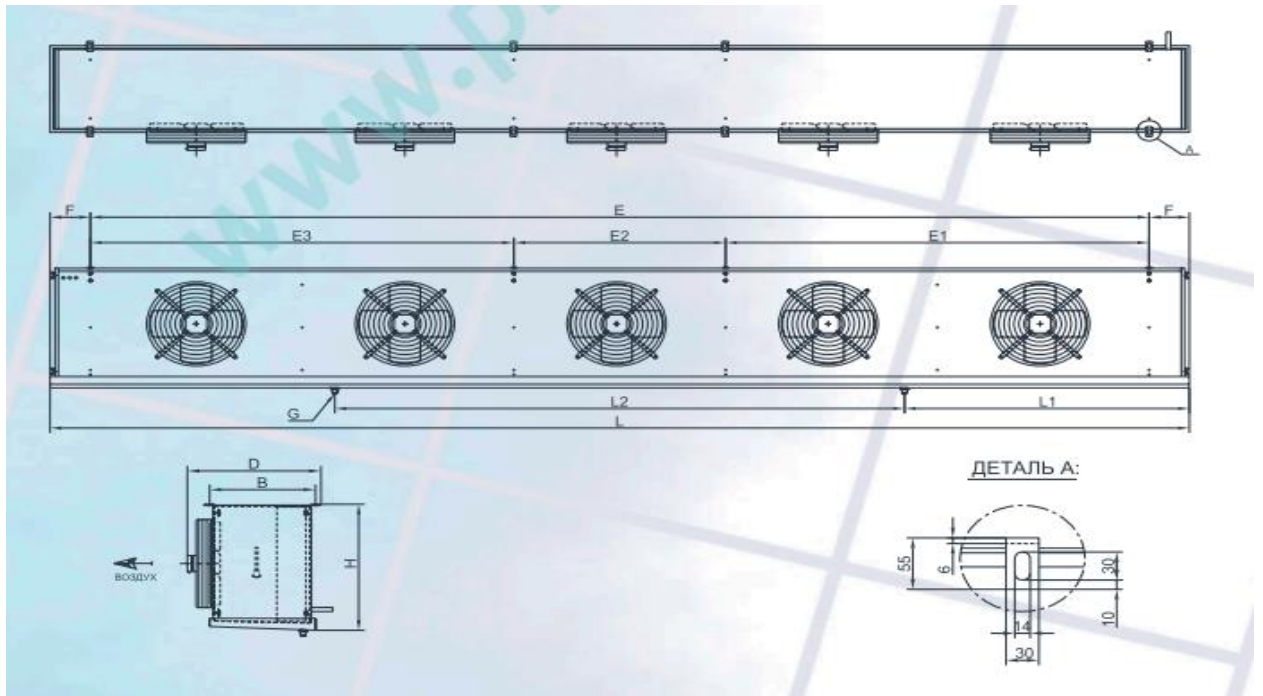
$$F \frac{Q}{k * \Delta t} = \frac{13028}{15 * 3} = 289 \text{ м}^2$$

Обираю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 65454 з площею поверхні теплопередачі F=306 м²

Cooler Model	DT1=8K -8/0 °C [kW]	DTM=8K -5/+3 °C [kW]	DTM=10K 0/+10 °C [kW]	Air flow [m ³ /hr]	Surface [m ²]	No. of fans * diameter	L Legth [mm]	D Depth [mm]	H Heigth [mm]	Weigth [kg]
65454	70,3	109,8	155,1	27 060	306	5 * 450	5413	609	674	365

CAPACITY (R404A)			65454
DTMC = 10K	0/+10 °C	kW	155,1
DTMC = 8K	-5/+3 °C	kW	109,8
DTMC = 7K	-5/+2 °C	kW	96,6
DT1C = 10K	0/+10 °C	kW	104,8
DT1C = 9K	-5/+4 °C	kW	80,5
DT1C = 8K	-8/0 °C	kW	70,3
Air flow		m ³ /h	27 060
Air throw		m	26
Surface		m ²	306
Medium inlet (φ)		mm	28
Medium outlet (φ)		mm	54
Netto weight		kg	365
REFRIGERANT			
Internal volume		dm ³	54
FANS			
Number of fans		pcs	5
Fan diameter		mm	450
Total power input		W	2200
Total current		A	11,00
Sound level		dBA/5m	63

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Для камери 2

$$\Delta t = \frac{ts1 - ts2}{2.3 * \ln \frac{ts1 - t0}{ts2 - t0}} = \frac{1 - (-9)}{2.3 * \ln \frac{1 - (-14)}{(-9) - (-14)}} = 3.9$$

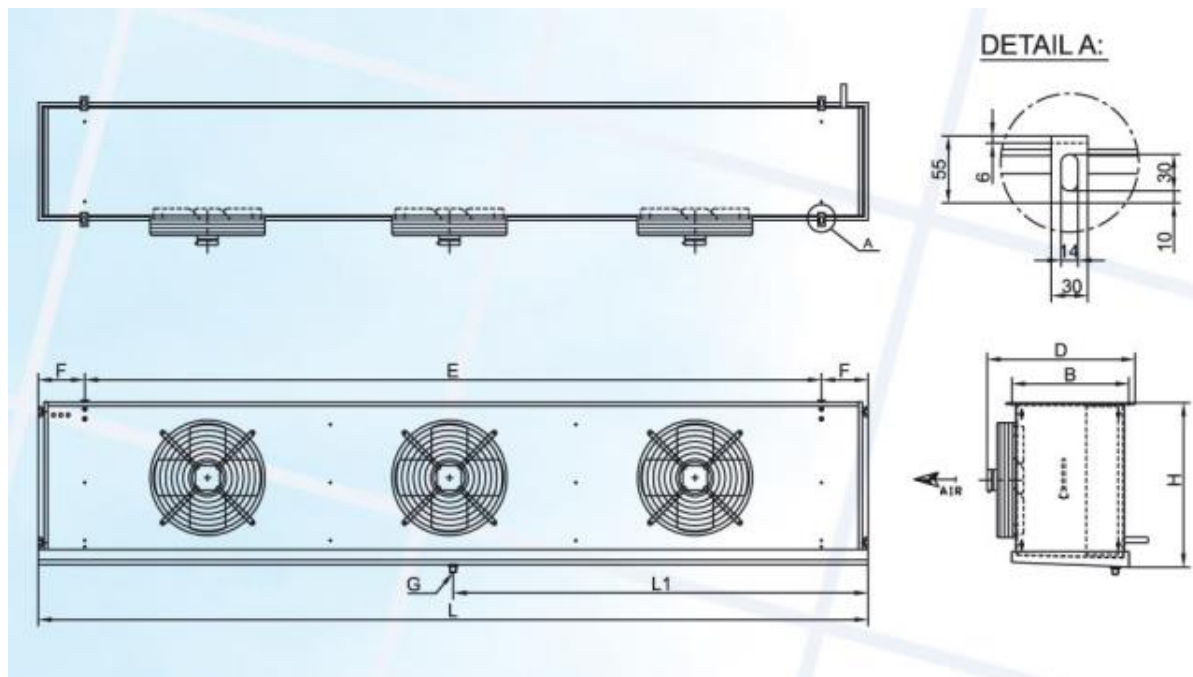
$$F \frac{Q}{k * \Delta t} = \frac{11306}{15 * 3.9} = 193 \text{ m}^2$$

Обираю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 63504 площею поверхні теплопередачі F= 206 м²

Cooler Model	DT1=8K -0/0 °C [kW]	DTM=8K -5/+3 °C [kW]	DTM=10K 0/+10 °C [kW]	Air flow [m ³ /hr]	Surface [m ²]	No. of fans * diameter	L Legth [mm]	D Depth [mm]	H Height [mm]	Weight [kg]
63504	53,4	79,9	112,9	21010	206	3 * 500	3413	644	750	234

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

CAPACITY (R404A)			63504
DTMC = 10K	0/+10°C	kW	112,9
DTMC = 8K	-5/+3°C	kW	79,9
DTMC = 7K	-5/+2°C	kW	70,3
DT1C = 10K	0/+10°C	kW	79,6
DT1C = 9K	-5/+4°C	kW	61,1
DT1C = 8K	-8/0°C	kW	53,4
Air flow		m ³ /h	21 010
Air throw		m	26
Surface		m ²	206
Medium inlet (φ)		mm	28
Medium outlet (φ)		mm	42
Netto weight		kg	234
REFRIGERANT			
Internal volume		dm ³	36
FANS			
Number of fans		pcs	3
Fan diameter		mm	500
Total power input		W	2370
Total current		A	4,35
Sound level		dBA/5m	60



Для камери 3

$$\Delta t = \frac{ts1 - ts2}{2.3 * \ln \frac{ts1 - t0}{ts2 - t0}} = \frac{1 - (-6)}{2.3 * \ln \frac{1 - (-10)}{(-6) - (-10)}} = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

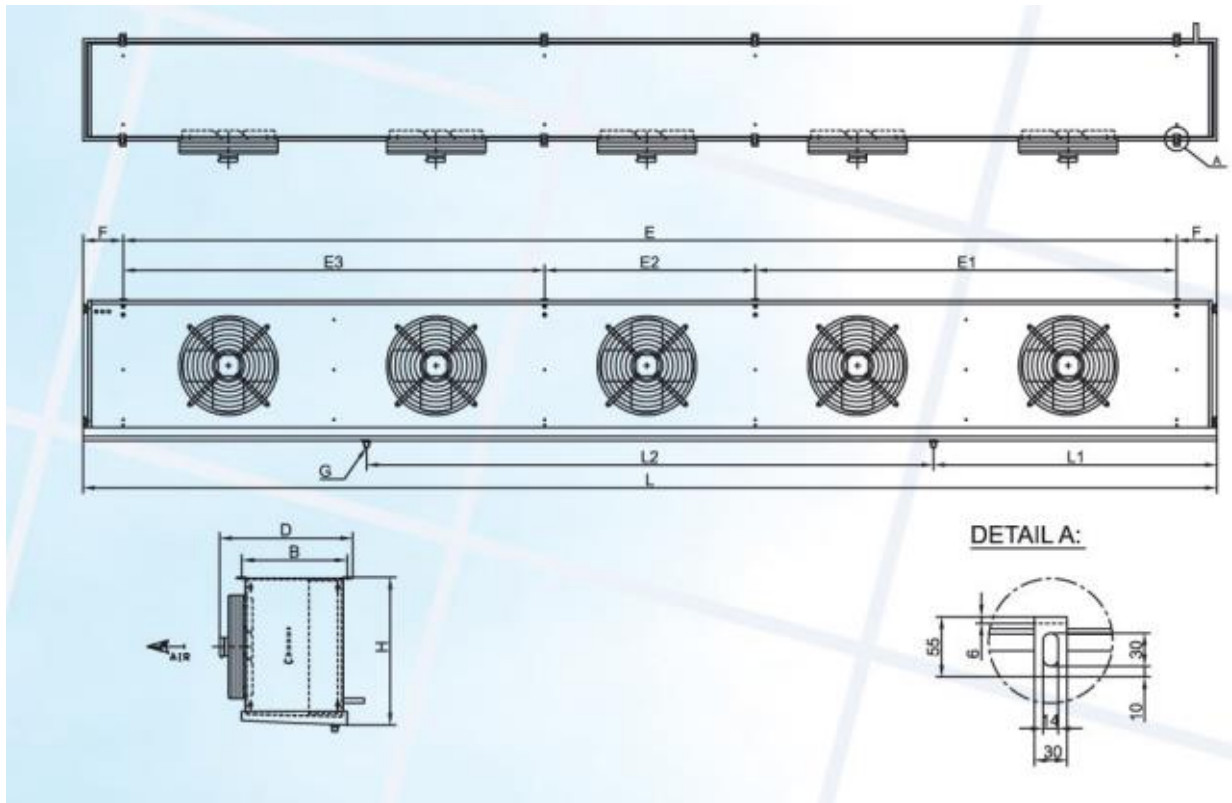
$$F \frac{Q}{k * \Delta t} = \frac{7000}{15 * 3} = 155 \text{ m}^2$$

Обираю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 65404 площею поверхні теплопередачі F= 164 м²

Cooler Model	DT1=8K -8/0 °C [kW]	DTM=8K -5/+3 °C [kW]	DTM=10K 0/+10°C [kW]	Air flow [m ³ /hr]	Surface [m ²]	No. of fans * diameter	L Legth [mm]	D Depth [mm]	H Heigth [mm]	Weigth [kg]
65404	40,0	63,7	90,0	15 060	164	5 * 400	4 103	529	522	204

CAPACITY (R404A)		65404
DTMC = 10K	0/+10°C	kW 90,0
DTMC = 8K	-5/+3°C	kW 63,7
DTMC = 7K	-5/+2°C	kW 56,1
DT1C = 10K	0/+10°C	kW 59,7
DT1C = 9K	-5/+4°C	kW 45,8
DT1C = 8K	-8/0°C	kW 40,0
Air flow		m ³ /h 15 060
Air throw		m 18
Surface		m ² 164
Medium inlet (φ)		mm 16
Medium outlet (φ)		mm 42
Netto weight		kg 204
REFRIGERANT		
Internal volume		dm ³ 30
FANS		
Number of fans		pcs 5
Fan diameter		mm 400
Total power input		W 800
Total current		A 3,65
Sound level		dBA/5m 62

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Для експедиції

$$\Delta t = \frac{ts1 - ts2}{2.3 * \ln \frac{ts1 - t0}{ts2 - t0}} = \frac{8 - 2}{2.3 * \ln \frac{8 - (-2)}{2 - (-2)}} = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

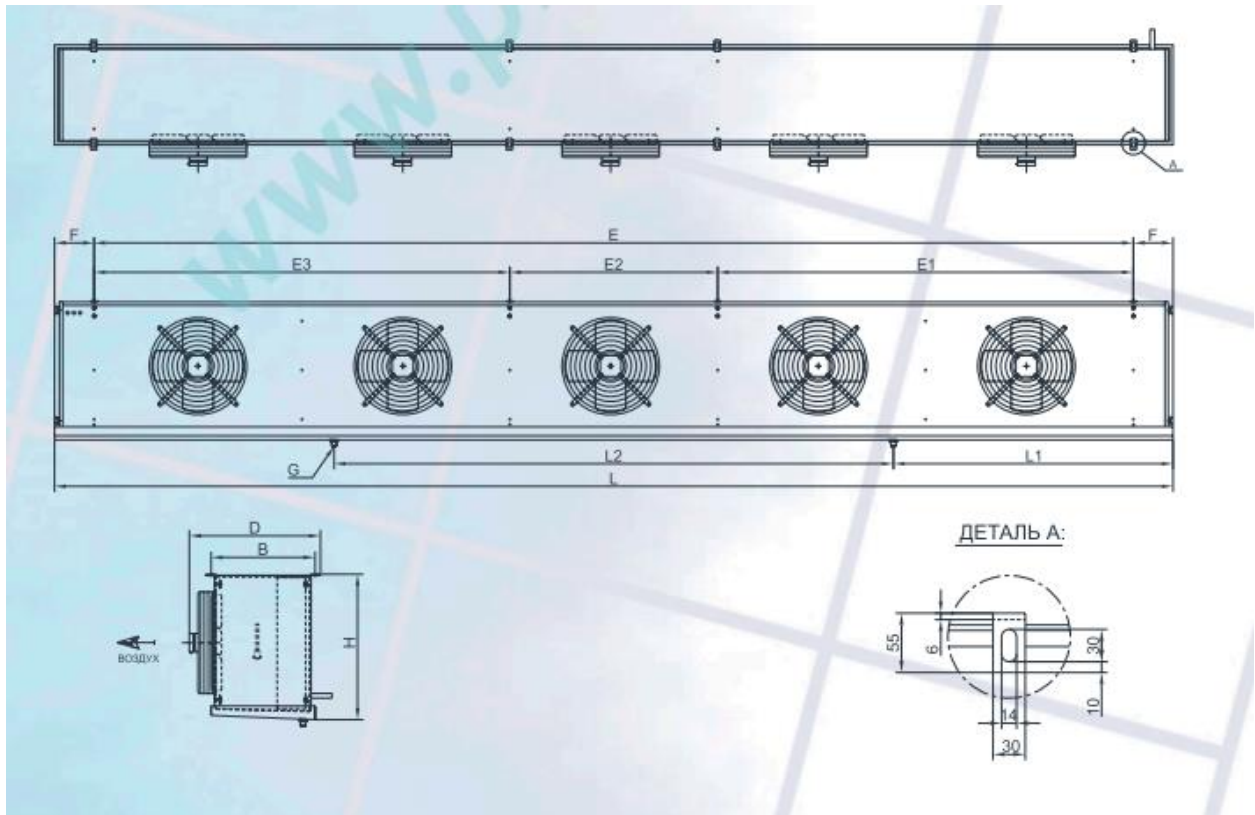
$$F \frac{Q}{k * \Delta t} = \frac{14673}{15 * 3} = 326 \text{ m}^2$$

Обираю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 65504 площею поверхні теплопередачі F= 344 м².

Cooler Model	DT1=8K -8/0 °C [kW]	DTM=8K -5/+3 °C [kW]	DTM=10K 0/+10 °C [kW]	Air flow [m ³ /hr]	Surface [m ²]	No. of fans * diameter	L Legth [mm]	D Depth [mm]	H Height [mm]	Weight [kg]
65504	86,1	134,8	190,6	35020	344	5 * 500	5413	644	750	405

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

CAPACITY (R404A)			65504
DTMC = 10K	0/+10°C	kW	190,6
DTMC = 8K	-5/+3°C	kW	134,8
DTMC = 7K	-5/+2°C	kW	118,7
DT1C = 10K	0/+10°C	kW	128,3
DT1C = 9K	-5/+4°C	kW	98,5
DT1C = 8K	-8/0°C	kW	86,1
Air flow		m ³ /h	35 020
Air throw		m	29
Surface		m ²	344
Medium inlet (φ)		mm	28
Medium outlet (φ)		mm	54
Netto weight		kg	405
REFRIGERANT			
Internal volume		dm ³	61
FANS			
Number of fans		pcs	5
Fan diameter		mm	500
Total power input		W	3950
Total current		A	7,25
Sound level		dBA/5m	62



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання для забезпечення роботи установки.

Лінійний ресивер

Лінійний ресивер для камери 1

Ємність лінійного ресивера :

$$V_{лр} = 0,65 * V_{по}$$

Де $V_{по}$ - внутрішній об'єм труб повітроохолодників, м³.

$$V_{лр} = 0,65 * 54 = 35,1 \text{ дм}^3$$

Обираю горизонтальний лінійний ресивер Bitzer F392T з об'ємом 39 дм³

Type	Receiver volume	Maximum refrigerant charge ①			Weight	Connections ②		Joining thread/flange		Gauge	Sight glasses ③		
		R134a	R404A R507A	R22		Inlet ø	Outlet ø	Inlet	Outlet				
	dm ³ (l)	(kg)	(kg)	(kg)	kg	mm	дюйм	mm	дюйм				
F392T	39	43,0	37,5	42,5	27	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF	7/16"-20	2

Лінійний ресивер для камери 2

$$V_{лр} = 0,65 * 36 = 23,4 \text{ дм}^3$$

Обираю горизонтальний лінійний ресивер Bitzer F252H з об'ємом

25 дм³

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Type	Receiver volume dm ³ (l)	Maximum refrigerant charge [Ⓞ]			Weight kg	Inlet ø mm	Connections [Ⓞ]		Joining thread/flange		Gauge	Sight glasses [Ⓞ]
		R134a (kg)	R404A R507A (kg)	R22 (kg)			Inlet ø Zoll Inch дюйм	Outlet ø Zoll Inch дюйм	Inlet	Outlet		
F252H	25	27,6	24,0	27,2	20	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" – 12 UNF	1 1/4" – 12 UNF	2

Лінійний ресивер для камери 3

$$V_{лр} = 0,65 * 30 = 18,5 \text{ дм}^3$$

Обираю горизонтальний лінійний ресивер Bitzer F192T з об'ємом 19 дм³

Type	Receiver volume dm ³ (l)	Maximum refrigerant charge [Ⓞ]			Weight kg	Inlet ø mm	Connections [Ⓞ]		Joining thread/flange		Gauge	Sight glasses [Ⓞ]
		R134a (kg)	R404A R507A (kg)	R22 (kg)			Inlet ø Zoll Inch дюйм	Outlet ø Zoll Inch дюйм	Inlet	Outlet		
F192T	19	21,0	18,3	20,7	17	16	5/8"	16	5/8"	1 1/4" – 12 UNF	1" – 14 UNS	1

Лінійний ресивер для експедиції

$$V_{лр} = 0,65 * 61 = 40 \text{ дм}^3$$

Обираю горизонтальний лінійний ресивер Bitzer F552T з об'ємом 40 дм³

Type	Receiver volume dm ³ (l)	Maximum refrigerant charge [Ⓞ]			Weight kg	Inlet ø mm	Connections [Ⓞ]		Joining thread/flange		Gauge	Sight glasses [Ⓞ]
		R134a (kg)	R404A R507A (kg)	R22 (kg)			Inlet ø Zoll Inch дюйм	Outlet ø Zoll Inch дюйм	Inlet	Outlet		
F552T	54	59,6	51,9	58,8	41	28	1 1/8"	28	1 1/8"	1 3/4" – 12 UNF	1 3/4" – 12 UNF	2

Масиловіддільники

Масиловіддільники для камери 1,3

Вибір масиловіддільників здійснюється залежно від діаметра нагнітального трубопроводу, що з'єднує компресор і конденсатор. Діаметр нагнітальної магістралі:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v 2 p}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 2 * 0,157 * 0,014}{3,14 * 20}} = 0,017 \text{ м}$$

Обираю один масиловіддільник для кожної камери Нреок РКW-55889 з діаметрам патрубків 22*1 мм.

Масиловіддільники для камери 2

Діаметр нагнітальної магістралі:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v 2 p}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 2 * 0,087 * 0,014}{3,14 * 20}} = 0,012 \text{ м}$$

Обираю масиловіддільник Нреок РКW-55889 з діаметрам патрубків 16*2 мм.

Масиловіддільники для експедиції

Діаметр нагнітальної магістралі:

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v^2 p}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 2 * 0,116 * 0,014}{3,14 * 20}} = 0,014 \text{ м}$$

Обираю мастиловіддільник Нреок РКW-569213 з діаметрами патрубків 16*1 мм.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Розрахунок оптимальних діаметрів трубопроводів та вибір відповідних насосів.

Внутрішній діаметр труби:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}}$$

Магістральні трубопроводи для камер 1,3

Всмоктування:

$$M = 2 * 0,157 = 0,314 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \omega = 10 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0,314 * 0,04}{3,14 * 10}} = 0,04 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 42*1 мм.

Нагнітання:

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22*1 мм.

Рідинна магістраль:

$$\omega = 1 \text{ м/с}; \rho = 1025 \text{ кг/м}^3 \text{ густина рідкого R507.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M}{\pi * \omega * \rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0,314}{3,14 * 1 * 1025}} = 0,02 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22*1 мм.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Магістральні трубопроводи для камери 2

Всмоктування:

$$M = 2 * 0,087 = 0,174 \frac{\text{кг}^2}{\text{с}} ; \omega = 10 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0,174 * 0,053}{3,14 * 10}} = 0,034 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 40*1 мм.

Нагнітання:

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 16*2 мм.

Рідинна магістраль:

$\omega = 1 \text{ м/с} ; \rho = 1025 \text{ кг/м}^3$ густина рідкого R507.

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M}{\pi * \omega * \rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0,174}{3,14 * 1 * 1025}} = 0,015 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22*1,5 мм.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Магістральні трубопроводи для експедиції

Всмоктування:

$$M = 2 * 0,035 = 0,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}} ; \omega = 10 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0,07 * 0,035}{3,14 * 10}} = 0,017 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22* 1 , 5 мм.

Нагнітання:

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 16*1 мм.

Рідинна магістраль:

$$\omega = 1 \text{ м/с} ; \rho = 1025 \text{ кг/м}^3 \text{ густина рідкого R507.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M}{\pi * \omega * \rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0,07}{3,14 * 1 * 1025}} = 0,01 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 12* 1 мм.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідравлічні втрати у трубопроводах

Загальний гідравлічний опір у трубах та обладнанні складається з втрат на тертя, місцевих опорів та прискорення потоку.

Він складається з втрат на тертя, місцевих опорів, прискорення потоку, втрат або підвищення тиску внаслідок дії гідростатичного напору і складається з втрат або підвищення тиску внаслідок дії гідростатичного напору стовпа рідини.

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м} + \Delta P_{п} + \Delta P_{ст}$$

При проведенні розрахунків гідравлічного опору необхідно враховувати режим руху рідини в трубопроводах. Ми розраховуємо втрати тиску в трубопроводі подачі води від насосу до споживачів. Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с}$$

Місцеві втрати становлять

$$\Delta P_{м.с} = \sum \xi_m * \frac{\rho \omega^2}{2};$$

Де $\frac{\rho \omega^2}{2}$ - динамічний тиск потоку;

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.кл} + \xi_{90^\circ} + \xi_{кол} + \xi_{90^\circ} = 5 + 3 + 1 + 3 = 12$$

Де $\xi_{зв.кл}$, ξ_{90° , $\xi_{кол}$ - місцеві втрати від зворотнього клапана, коліна і відводу 90° .

Швидкість руху води : $\omega = 2$ м/с

$$\Delta P_{м.с} = 12 * \frac{998 * 2^2}{2} = 23952$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Па

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega * d * \rho}{\mu} = \frac{2 * 0.128 * 998}{1.792 * 10^{-3}} = 142571$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$\lambda_{mp} = 0,11 * \left(\frac{k}{d} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 * \left(\frac{0.06}{0.128} + \frac{64}{142571} \right)^{0,25} = 0.091$$

Втрати тиску від тертя по довжині трубопроводу в L=65 м

$$\Delta P_{mp} = \frac{\lambda_{mp}}{d} * \frac{\rho \omega^2}{2} * L = \frac{0.091}{0.128} * \frac{998 * 2^2}{2} * 65 = 92237 \text{ Па}$$

Загальна втрату тиску:

$$\Delta P_i = 92237 + 23952 = 116189 \text{ Па}$$

Напір насосу:

$$H = h_n - h_{вс} + \frac{\Delta P_i}{\rho * g} = 6 - 3 + \frac{116189}{998 * 9,81} = 26,7 \text{ м}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 Розрахунок показників ефективності в техніко-економічному аспекті.

12. Розрахунок показників ефективності в техніко-економічному аспекті.

Для визначення вартості будівництва холодильника необхідно провести розрахунок витрат, включаючи витрати на закупівлю обладнання, витрати на електрику, заробітню плату працівникам, амортизації відрахування та інші витрати.

- для визначення вартості холодильного обладнання необхідно провести дослідження ринку та знайти оптимальний постачальник обладнання за найбільш вигідною ціною.

- для розрахунку витрат за використану електроенергію необхідно визначити потужність холодильної установки та скласти графік її роботи, а потім розрахувати витрати на електроенергію за цей період.

- для визначення витрат по оплаті праці виробничого персоналу необхідно скласти штатний розпис та визначити заробітну плату для кожного працівника.

- для розрахунку амортизаційних відрахувань необхідно визначити термін експлуатації холодильної установки та її вартість.

- для визначення основних показників ефективності проекту необхідно провести аналіз ринку та конкурентів, визначити прогнозовану рентабельність проекту та оцінити ризики.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вихрищук П. О.			Розрахунок показників ефективності в техніко- економічному аспекті.	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Рябчук О. М.					83	
Реценз.						ХМ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Визначення холодопродуктивності установки

Для розрахунку приведеної холодопродуктивності необхідно знати кількість виробленого холоду при робочих умовах для заданих температурних режимів.

Визначення кількості виробленого холоду

Розрахунок приведеної холодопродуктивності компресорів для камери 1 та 3

$$Q_0 = Q_{1.3} * k_{-10} = 19.12 * 0.9 = 17.2 \text{ кВт}$$

Розрахунок приведеної холодопродуктивності компресорів для камери 2

$$Q_0 = Q_2 * k_{-14} = 10 * 1.2 = 12 \text{ кВт}$$

Розрахунок приведеної холодопродуктивності компресорів для охолодження експедиції:

$$Q_0 = Q_e * k_{-2} = 14 * 0.6 = 8,4 \text{ кВт}$$

Припускаю, що час роботи обладнання до сервісного ремонту за максимального навантаження становить 6500 годин на рік. Кількість виробленого приведеного холоду за рік буде складати:

$$Q_0 = (17,2 * 2 + 12 + 8,4) * 6500 = 356200 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація на обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортув ання, тис. грн.	Кількість, шт	Вартість, тис. грн.
1.	Компресори 4TES-12Y	Bitzer	114	5	4	476
2.	Компресори 2EES-6Y	Bitzer	57	3,5	2	121
3.	Компресори 4FES-5Y	Bitzer	64,5	1,2	2	131,4
4.	Конденсатор СНС RD 050.2/22-47-236334M:	Guntner	43,11	0,9	1	44,01
5.	Конденсатор СНС RD 050.2/13-45-4240030M:	Guntner	33,4	3	1	36,4
6.	Конденсатор СНV RD 090.2OF/11A-60-0PGM.293M	Guntner	35,4	3,4	1	38,8
7.	Повітроохолодник CCD 65454	Goedhart	257,4	2,5	1	259,9
8.	Повітроохолодник CCD 63504	Goedhart	103,5	1,5	1	105
9.	Повітроохолодник CCD 65404	Goedhart	195,5	2	1	197,5
10.	Повітроохолодник CCD 65504	Goedhart	167,5	2	1	169,5
11.	Ресивер F392T	Bitzer	20	0,5	1	20,5
12.	Ресивера F252H	Bitzer	23,5	1,6	1	25,1
13.	Ресивер F192T	Bitzer	24	1,7	1	25,7
14.	Ресивер 552T	Bitzer	28,4	1,55	1	29,95
15.	Мастиловіддільник Нреок PKW-55889	CASTEL	2,3	0,5	3	8,4
16.	Мастиловіддільник Нреок PKW-569213	Bitzer	3,5	0,5	1	4
17.	Система трубопроводів, арматури та автоматизації		20%	-	-	340,5
Разом						1702,76

Вартість всього обладнання буде складати 1702,76 тис. грн.

Статті витрат

Витрати на оплату електроенергії

Розраховую річне споживання електроенергії:

$$W = \sum Ne * Ke * n \text{ кВт} * \text{год}$$

де N_e - номінальна потужність двигуна, кВт;

K_c - коефіцієнт використання;

n – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Час роботи, год.	Кількість, шт	Спожита електроенергія, кВт·год
1.	Компресори 4TES-12Y	14	6500	4	364000
2.	Компресори 2EES-6Y	7,6	6500	2	98800
3.	Компресори 4FES-5Y	5,8	6500	2	75400
4.	Повітроохолодник CCD 65454	0,54	3500	1	1890
5.	Повітроохолодник CCD 63504	0,64	3500	1	2240
6.	Повітроохолодник CCD 65404	0,47	3500	1	1645
7.	Повітроохолодник CCD 65504	0,34	3500	1	1190
8.	Конденсатор	4,2	3500	1	14700
9.	Конденсатор	4	3500	1	14000
10.	Конденсатор	3,7	3500	1	12950
РАЗОМ					583980

Тариф оплати за електроенергію складає 1,68 грн. за кВт·год.

Тоді витрати наоплату електроенергії складатиме

$$583980 \cdot 1,68 = 981 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на дозаправку системи холодоагентом

Згідно з рекомендаціями, розрахункова норма споживання фреону для заправки системи на рік для компресорів, що працюють на безпосереднє охолодження, становить 3 кілограми на стандартний кіловат електричної потужності.

Витрати на дозаправку системи можна розрахувати з урахуванням вартості

R507, яка становить 353 гривні за кілограм.

$$B_{507} = (17,2 \cdot 2 + 12 + 8,4) \cdot 3 \cdot 353 = 58,033 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на поповнення системи мастилом

Незважаючи на наявність мастиловіддільників після кожного компресора, мастило з нього все ж потрапляє в систему. Згодом, певна частина мастила повертається в компресор, але деяка його кількість залишається в трубопроводі. Обсяг мастила, який необхідно додати в систему, залежить від її об'єму.

Кожен рік передбачається заміна мастила в компресорах. Перша дозаправка мастилом буде виконуватись на обсяг, що дорівнює об'єму мастила, який знаходиться в компресорах. Тоді потреба в мастилі:

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Об'єм мастила	Загальна потреба
1.	Компресори 4TES-12Y	4	4	16
2.	Компресори 2EES-6Y	2	3	6
3.	Компресори 4FES-5Y	2	4,5	9

Витрати на дозаправку системи мастилом для поршневих компресорів, за умови ціни мастила 400 грн за літр, становитимуть.:

$$V_{\text{гв.мас}} = (16+6+9) \cdot 400 = 12,4 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на заробітну плату

При автоматизації фреонових холодильної установки, . приймається 5 машиністів.

Фонд додаткової заробітної плати: $\text{ФДЗП} = \text{ФОЗП} \cdot 0,08$

$$\text{ФДЗП} = 500 \cdot 0,08 = 40 \text{ тис. грн.}$$

Повний фонд заробітної плати: $\text{ФЗП} = \text{ФОЗП} + \text{ФДЗП}$

$$\text{ФЗП} = 500 + 40 = 540 \text{ тис. грн.}$$

Машиніст	Ставка	Робітники	Кіл-сть годин на місяць	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
	38	5	245	37500	500
Разом					500

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Амортизація обладнання

20% вартості обладнання виділяються на амортизаційні відрахування:
 $1702,76 \cdot 0,2 = 340,552$ тис. грн.

Витрати на поточні ремонти

З цієї суми, 50% використовується для покриття витрат на поточні ремонти.:

$$V_{\text{поточні}} = 340,552 \cdot 0,5 = 170,276 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на охорону праці

2% від фонду оплати праці виділяються на фінансування заходів з охорони праці. Ці ресурси призначені для реалізації ініціатив, спрямованих на поліпшення умов праці, створення комфортних побутових та соціальних умов на робочих місцях, підготовку до роботи та придбання засобів індивідуального захисту:

$$V_{\text{оп}} = 497,664 \cdot 0,02 = 9,953 \text{ тис. грн.}$$

Собівартість одиниці виробленого холоду.

Статті витрат	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	1036
R507	58,033
Масило	12,4
Оплата праці	497,664
Амортизація обладнання	340,552
Поточні ремонти	170,276
Охорона праці	9,953
Разом	2124,878

Вартість виготовлення одиниці стандартного охолоду.

$$C=2124.878 \cdot 10^3 / 616665 = 3,44 \text{ грн./ст.кВт}\cdot\text{год.}$$

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 Охорона праці

13. Охорона праці

Тема дипломного проекту передбачає використання високоякісних та високотехнологічних будівельних матеріалів та сучасного обладнання, яке відповідає вимогам безпеки праці та екології.

Таким чином, в проекті будуть враховані всі необхідні заходи з охорони праці, що забезпечать безпеку працівників та запобігання виробничого травматизму. Для цього будуть використані сучасні технології та матеріали, які відповідають вимогам стандартів безпеки праці.

Крім того, буде проведена підготовка персоналу з питань охорони праці, що дозволить їм бути готовими до роботи на виробництві та уникнути небезпек.

Умови праці

Для забезпечення безпеки працівників, що працюють з холодильною установкою, будуть використані спеціальні заходи. Передбачається проведення регулярної перевірки технічного стану обладнання та його вчасного технічного обслуговування. Також будуть встановлені системи автоматичного відключення установки у разі виникнення небезпеки. Персонал, що працює з холодильною установкою, буде проходити регулярні навчання з питань безпеки праці та використання обладнання.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вихрищук П. О.			Охорона праці	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Рябчук О. М.					91	
Реценз.						ХМ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Перед початком роботи з холодильною установкою необхідно перевірити наявність всіх необхідних документів, а також технічний стан обладнання. Перед кожною роботою з холодильною установкою необхідно провести інструктаж з безпеки праці та користування обладнанням.

При виникненні аварійної ситуації необхідно негайно вжити заходів для запобігання поширенню небезпеки та повідомити відповідних служб про виникнення аварії. Необхідно також дотримуватися правил пожежної безпеки та вміти користуватися засобами пожежогасіння.

Отже, дотримання вимог безпеки праці та застосування спеціальних заходів дозволять забезпечити безпеку працівників, екологічну безпеку та створити ефективне та продуктивне виробництво.

Перелік негативних робочих факторів:

- високий рівень шуму та вібрації;
- недостатня вентиляція приміщення;
- надмірна вологість та температура;
- робота з хімічними речовинами та іншими небезпечними речовинами;
- робота з радіаційними матеріалами;
- фізичне перенапруження та монотонна робота;
- пожежна небезпека.

Для запобігання негативному впливу цих факторів необхідно дотримуватися правил техніки безпеки, використовувати захисні засоби, проводити регулярний моніторинг та контроль за рівнем шкідливих виробничих факторів, а також проводити навчання працівників з питань безпеки та забезпечувати їх індивідуальними засобами захисту.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зменшення впливу шкідливих виробничих факторів необхідно дотримуватися таких заходів:

- встановлювати звукоізоляційні матеріали на обладнання та стіни приміщення;
- використовувати захисні навушники та інші засоби індивідуального захисту;
- проводити регулярну вентиляцію приміщення;
- встановлювати системи автоматичного контролю за рівнем шуму та вібрації;
- проводити регулярний моніторинг рівня шуму та вібрації на робочому місці;
- дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з холодильною установкою.

Крім того, на робочому місці машиніста холодильних установок повинні бути наявні такі документи:

- паспорт холодильної установки;
- паспорти машин, апаратів , охолоджуючих пристроїв;
- паспорти контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматики;
- паспорти електроустановок.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітря робочої зони

Ці параметри включають температуру повітря в діапазоні від 22 до 24 градусів Цельсія, відносну вологість повітря в діапазоні від 40% до 60%, швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с, а також рівень освітленості не менше 300 лк.

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні, можуть використовуватися системи кондиціонування повітря, вентиляційні системи, обігрівачі та інші засоби.

Шум

Для забезпечення комфортних умов працівників, рекомендується дотримуватися рівня шуму на робочому місці в діапазоні 75...103 дБ. Для цього можуть бути використані спеціальні звукоізоляційні матеріали, які зменшують рівень шуму на робочому місці.

Також можуть бути встановлені акустичні екрани, які дозволяють зменшити розповсюдження шуму в приміщенні. Зменшення швидкості руху холодильного агенту також може допомогти зменшити рівень шуму. Важливо пам'ятати, що дотримання норм щодо шуму в холодильних установках є важливим для збереження здоров'я працівників та покращення їхнього робочого комфорту.

Вібрація

Вібрація є однією з найбільш поширених проблем в охороні праці, особливо в тих галузях, де працюють з важким обладнанням або машинами. Вібрація може мати негативний вплив на здоров'я працівників, що може призвести до розвитку таких захворювань, як захворювання опорно-рухового апарату, порушення кровообігу та інші.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання вібрації необхідно дотримуватися вимог щодо безпеки та здоров'я працівників, які передбачають застосування спеціальних засобів та обладнання для зменшення вібрації. Також необхідно проводити регулярну діагностику обладнання та машин, що дозволяє вчасно виявляти проблеми з вібрацією та усувати їх.

Для зменшення вібрації можуть бути використані спеціальні амортизатори, що дозволяють забезпечити максимальний рівень комфорту працівників та покращити ефективність їхньої роботи. Також важливо використовувати технології зменшення шуму в машинних залах та інших приміщеннях, що дозволяють знизити рівень шуму до безпечного для здоров'я працівників рівня.

Освітлення

Забезпечення належного рівня освітлення є важливим аспектом охорони праці. Недостатнє освітлення може призвести до втоми, зниження продуктивності та погіршення здоров'я працівників. Надмірне освітлення також може мати негативний вплив на зорову систему та спричинити головні болі та інші проблеми зі здоров'ям.

Тому, при проектуванні та облаштуванні робочих приміщень, необхідно враховувати вимоги до освітлення та забезпечувати належний рівень освітленості на робочих ділянках. Для цього можна використовувати різноманітні види світильників та обладнання, які забезпечують необхідний рівень освітленості.

Крім того, необхідно забезпечити правильне розташування світильників та вікон для уникнення блисків та тіней на робочих поверхнях. Також важливо забезпечити достатню кількість природного освітлення та вікон, які мають відповідний розмір для забезпечення необхідного рівня природного освітлення.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі виникнення аварійних ситуацій також необхідно мати належне аварійне освітлення на виходах з приміщення та на евакуаційних шляхах з відповідним рівнем освітленості. Все це допоможе забезпечити безпеку та здоров'я працівників та покращити їхню ефективність та продуктивність на робочому місці.

Вимоги щодо безпеки технічних процесів під час монтажу, експлуатації, профілактики та ремонту обладнання, а також засобів контролю та управління.

При монтажі, експлуатації, профілактиці та ремонті технологічного обладнання та засобів контролю та управління необхідно дотримуватися вимог техніки безпеки. Для цього необхідно:

1. Забезпечити належний рівень знань та навичок працівників, які будуть займатися монтажем, експлуатацією, профілактикою та ремонтом обладнання та засобів контролю та управління.
2. Проводити всі роботи відповідно до інструкцій виробника техніки, а також враховувати всі вимоги нормативно-правових актів, що регулюють цю діяльність.
3. Забезпечувати належний рівень охорони праці під час монтажу, експлуатації, профілактики та ремонту обладнання та засобів контролю та управління. Для цього необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, дотримуватися правил електробезпеки, вогнебезпеки та інших правил безпеки праці.
4. Перевіряти стан обладнання та засобів контролю та управління на наявність пошкоджень та несправностей перед початком роботи та під час їх експлуатації.
5. Забезпечувати належний рівень охорони праці під час проведення ремонтних робіт. Для цього необхідно виключити можливість випадкового включення обладнання, забезпечити належний рівень освітлення та вентиляції робочого місця, а також використовувати засоби індивідуального захисту.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Проводити регулярну перевірку техніки на відповідність стандартам та нормам безпеки, а також проводити профілактичні роботи та ремонт вчасно.

7. Забезпечувати належний рівень охорони праці під час експлуатації засобів контролю та управління. Для цього необхідно дотримуватися правил безпеки при використанні цих засобів, а також проводити їх перевірку на відповідність стандартам та нормам безпеки.

Заходи, спрямовані на забезпечення безпеки використання електричної енергії.

1. Забезпечити належний рівень знань та навичок працівників щодо правил електробезпеки, використання засобів індивідуального захисту та першої допомоги при електротравмі.

2. Проводити регулярну перевірку електроустаткування на наявність пошкоджень та несправностей, виконувати їх ремонт вчасно.

3. Дотримуватися правил електромонтажу, використовувати тільки сертифіковане обладнання та матеріали.

4. Забезпечувати належний рівень заземлення та ізоляції електричних проводів та приладів.

5. Використовувати тільки електроустаткування, яке відповідає вимогам стандартів та норм безпеки.

6. Забезпечувати належний рівень охорони праці під час проведення ремонтних робіт з електрообладнанням. Для цього необхідно вимикати електропостачання, забезпечувати належний рівень освітлення та вентиляції робочого місця, а також використовувати засоби індивідуального захисту.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Превентивні заходи щодо пожежної та вибухобезпеки

1. Проведення регулярних перевірок електромереж та приладів на виявлення потенційних джерел загорянь.
2. Забезпечення наявності вогнегасників та інших засобів пожежогасіння на робочому місці.
3. Проведення інструктажів з пожежної безпеки та евакуації для всіх працівників.
4. Не допускати куріння на робочому місці та в зонах, де це може призвести до загоряння.
5. Розміщення плану евакуації та виходів на видному місці для швидкої та безпечної евакуації працівників у разі пожежі.
6. Проведення перевірок та обслуговування систем автоматичного пожежогасіння та димових сповіщувачів.
7. Забезпечення наявності запобіжників та інших засобів захисту від перенапруги.
8. Навчання працівників правилам поведінки з вогнем та електроприладами.
9. Проведення регулярних навчань з пожежної безпеки та вибухозахисту для всіх працівників.
10. Забезпечення наявності плану дій у разі пожежі та проведення тренувань з його виконання.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури, яка використовувалась

1. Пилипенко О. Ю., Францішко А. П. Холодильні установки : метод. рекомендації до проведення практ. занять для здобувачів освітнього ступ. «Бакалавр» спец. 142 «Енергетичне машинобудування», освітньо-професійної програми «Холодильні техніка та технології» ден. та заоч. форм навч. Київ : НУХТ, 2021. 58 с. (№ 33.124-15.06.2021)
2. Морозюк Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов : учеб. Одесса : Студия Негоциант, 2006. 712 с.
3. Технологія незбираномолочних продуктів : навч. посібник / Т. А. Скорченко та ін. Вінниця : Нова книга, 2005. 264 с.
4. Тітлов, О.С. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості : навч. посібник / О.С. Тітлов, С.Ф. Горикін. – Львів: Новий Світ-2000, 2021. – 286 с.
5. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. С. Холодильні установки спеціального призначення : підручник. Херсон : Грінь Д.С., 2013. 488 с.
6. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2003. 572 с.
7. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2007.– 335 с.
8. Засядько Я. І., Іващенко Н. В., Францішко А. П. Холодильні установки: метод. рекомендації до використання програмного забезпечення CoolPack в практичних розрахунках для здоб. освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освіт.-проф. програми «Холодильна техніка та технології» ден. та заоч. форм навчання. К. : НУХТ, 2019. 78 с.

					00 КР 142.008.001.2023 ПЗ	Лист
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		