

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет ) \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ теплоенергетики та холодильної техніки \_\_\_\_\_

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту(декан факультету)  
\_\_\_\_\_ Сергій Блаженко \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Валентин Петренко \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 142 «Енергетичне машинобудування» \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ холодильні техніка та технології \_\_\_\_\_

на тему \_\_\_\_\_ Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю  
2500 тон у м. Луцьк \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач 4 курсу, групи \_\_\_\_\_ ХМ-4-4

\_\_\_\_\_ Іванов Максим Вікторович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Івашенко Наталія Вікторівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2023р.

# 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

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

\_\_\_\_\_ Іванова Максима Володимировича \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк

керівник роботи доц., к.т.н., Іващенко Н.В. \_\_\_\_\_,  
( 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 Ти продукції що зберігається: персики, банани, апельсини, виноград, яблука. Тип холодоагенту R717 аміак. Ти ситсеми-централізована, насосно-циркуляційна.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Вступ, 2. Розділи холодильної частини проекту, 3. Охорона праці, 3. Економічна частина, 4. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1). План та розріз холодильника.

2). Схема холодильної установки.

3).Цикл холодильної установки.



## Анотація

В даному дипломному проекті розраховано та спроектовано холодильник для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк.

В проекті розроблено холодильну схему з насосно-циркуляційною випарною системою, виконано підбір необхідного холодильного обладнання з метою досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії при роботі холодильної установки та досягнення найбільш високих показників збереження властивостей продукції, що зберігається. Наведено розрахунки будівельно-ізоляційних конструкцій, площ камер холодильника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

В дипломному проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер.

В графічній частині проекту представлені креслення: схема розводки трубопроводів, цикл холодильної установки, а також план та розріз холодильника.

**Ключові слова:** *фруктосховище, зберігання фруктів, R717, аміак, насосно-циркуляційна схема, природні холодоагенти.*

					<b>00.КР.142.008.007.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іванов М.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		

## ЗМІСТ

### ВСТУП.

### 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.

### 2. РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНИКА.

2.1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.

2.2. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника.

2.3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.

2.4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень.

2.5. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори.

2.6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.

2.7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.

2.8. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор).

2.9. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.

2.10. Розрахунок охолодника оборотної води (градирня).

2.11. Вибір допоміжного обладнання.

2.12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах та аеродинамічних втрат у повітроводах.

### 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

### 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Перед підприємствами постає гостра потреба у збільшенні виробництва холоду для забезпечення їх ним під час технологічного процесу та при зберіганні фруктів. Все це призводить до необхідності проектування та будівництва нових фруктосховищів, з великими об'ємами зберігання.

Під час проектування холодильників повинні бути зважені наступні задачі:

- забезпечення високих теплозахисних властивостей конструкцій шляхом використання сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів, герметизацією стиків панелей, дверей, введень труб і кабелів;

- розробка і впровадження прогресивних технологій холодильної обробки, зберігання, і транспортування продукції при суворому нормуванні і підтримці температури і вологості на основі раціонального вибору енергозберігальних систем, інженерного устаткування, у тому числі на базі мікропроцесорної техніки;

- досягнення мінімального питомого обсягу камер шляхом удосконалення об'ємно – планувальних і конструктивних рішень холодильників

В даному дипломному проекті ведеться розрахунок холодильника для фруктів місткістю 2500т у м. Луцьк.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.

Метою даного проекту являється будівництво фруктосховища у м. Луцьк. Економічне обґрунтування на будівництво даного холодильника включає в себе дві основні задачі:

- обґрунтування вибору місткості фруктосховища, що проектується, та місця його будівлі;
- розрахунок основних техніко-економічних показників.

Потреба Луцька та його районів в будівництві фруктосховища визначається з об'єму споживання фруктів мешканцями даної території. Об'єм споживання залежить від кількості населення та норм споживання овочів.

Виходячи з прийнятих норм споживання, перспективної кількості споживачів даної місцевості, визначаємо об'єм споживання по кожному фрукту на планувальний період. З отриманих даних приймаємо місткість фруктосховища у м. Луцьк 2500 тон.

Загальна характеристика ефективності капітальних вкладень в холодильник, що проектується, визначається техніко-економічними показниками, які розраховуються в економічній частині проекту.

Виходячи з отриманих техніко-економічних показників проект доцільно здійснювати.

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іванов М.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<i>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</i>		

## 2. Холодильний розрахунок

### 2.1 Технологічна схема холодильної обробки продукції

#### Персики

Плоди персиків, що призначені для зберігання, слід збирати при досягненні ними повного розміру і забарвлення, які відповідають сорту, але не до повного пом'якшення м'якоті. Кожний плід замотують у тонкий папір або розміщують в спеціальних гофрованих пластинах з картону. Заповнені пластини (5...7 кг) складують одна на одну в ящики або картонні коробки і штабелюють на піддони (рис. 1.1).

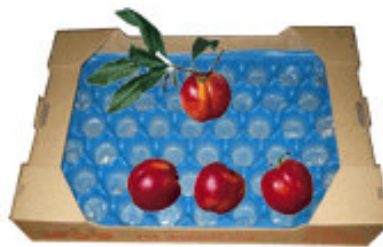


Рис. 1.1 Ящик з гофрованою пластиною для персиків.

При температурі 0 °С і відносній вологості повітря 90...95% персики зберігаються до двох місяців. Добре зберігаються персики сортів «Ельберта», «Нікітський 85», «Кримчак».

#### Банани

Банани на плантації повністю не дозрівають, якщо ж вони дозрівають, то погіршення стану плодів під час перевезення відбувається настільки швидко, що це не дозволяє їх перевозити від місць зростання до віддалених районів збуту. Банани прибирають тоді, коли плід вже дозрів, але ще не достиг - з темно-зеленою шкіркою і жорстким, крохмалистим, неїстівним м'якушем. На кожному банановому дереві росте тільки одне гроно бананів, в якому міститься від 50 до 150 окремих плодів(чи пальців). Це гроно відсікається від дерева як одне ціле і перевозиться до місця затарювання.

					<i>00.KP.142.008.007.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іванов М.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<i>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</i>		

Банани відділяються від грона, миються і розділяються на кисті по чотири і більше пальців, зручні для продажу. Кисті пакуються в захисні ящики з волокнистого картону, які містять по 18 кг плодів. Ящики доставляються по залізниці від місця затарювання в порт і вантажаться в трюми кораблів-рефрижераторів. У трюмах фрукти охолоджуються до оптимальної температури, зазвичай 14 °С, залежно від сорту.

Банани вивантажуються на берег ще зеленими і незрілими і перевозяться в рефрижераторах при температурі 14,5 °С в центри оптового продажу або камери зберігання. Перевезення здійснюється або вантажівками, або по залізниці. Основне завдання на цей період полягає в тому, щоб продукт знаходився в оптимальному середовищі і переміщався до місця призначення настільки швидко, наскільки це можливо, щоб звести до мінімуму післязбиральні втрати.

У камерах зберігання не рекомендується використати аміак. Зважаючи на шкідливу дію на банани аміаку у разі його витоку аміачні системи прямого розширення використати не можна.

Для забезпечення безперебійної роботи установки в умовах високої вологості відстань між ребрами випарних змійовиків холодильної установки повинна складати 6,4 мм. Змійовики мають бути відповідного розміру і продуктивності для забезпечення проектного температурного перепаду 8К при температурі кипіння холодагенту 4...6 °С, що забезпечує вологість в камері 85-90%.

Піддони розміром 1,2 м х 1,0 м встановлюються в 4 яруси. Ящики, які використовуються у бананових камерах, мають розміри 250 мм у висоту, 400 мм завширшки і 560 мм в довжину, і встановлюються по 4 ящики на кожен піддон в 6 ярусів, всього 24 ящики на піддон. Кожен ящик має вагу 19 кг нетто і 21,3 кг брутто.

### Яблука

Лежкість яблук пов'язана з їх здатністю проходити післязбиральної дозрівання. У більш ранніх за термінами дозрівання сортів лежкість

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

невисока, пізні зберігаються довше (до 8 міс.), Так як у них довший період дозрівання. У нашій країні вирощується багато сортів яблук, а це ускладнює розробку єдиного комплексу машин, раціональної технології збирання, транспортування, зберігання і реалізації плодів.

Збір плодів в оптимальні терміни знімання підвищує лежкість яблук. Оскільки сучасні способи збирання яблук практично не дозволяють зібрати весь врожай в оптимальний період, то на зберігання закладають плоди, зняті вчасно, а зняті пізніше зберігати короткочасно і відправляти на реалізацію. У осінніх сортів оптимальний період знімання становить 5-7 днів, у зимових - 10-15 днів. Після знімання яблука відразу ж піддають товарній обробці і закладають на зберігання.

Різні сорти яблук по-різному сприймають вплив температури при зберіганні. Деякі з них виносять тривалий стан переохолодження до  $-2, -3^{\circ}\text{C}$ , при цьому зберігаються з незначними втратами і при повільній дефростації (розморожування) не втрачають товарних якостей (Бойкен, Пепін шафранний та ін.) у інших сортів м'якоть при цьому буріє (Антонівка звичайна, Пармен зимовий золотий) або стає борошністий (аніс). Стійкість до переохолодження пов'язана з будовою м'якоті плоду (міцність клітинних стінок, розміром клітин) і властивостями колоїдів цитоплазми (в'язкістю).

Температурний режим зберігання яблук визначають з урахуванням особливостей кожного помологічного сорту і умов вирощування. Діапазон рекомендованих температур від  $-2$  до  $+4^{\circ}\text{C}$ . яблука сортів Пепін шафранний, Голден Делішес, Мекінтош, Уелс, Бойкен, Північний синап, Ренет Симиренка, Делішес краще зберігаються при температурі  $-1, -2^{\circ}\text{C}$ . Якщо температура впала нижче допустимої і сталося підморожування плодів, необхідно поступово підвищити температуру спочатку до  $0^{\circ}\text{C}$ , а потім до  $1-2^{\circ}\text{C}$ . Через 1-2 тижні. яблука набувають нормальний вигляд і смак і можуть бути реалізовані.

Більша частина сортів добре зберігається при температурі, близькій до  $0^{\circ}\text{C}$ . Недозрілі плоди при низькій температурі зберігання не дозрівають,

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

залишаються грубими по консистенції, забарвлення, смак і аромат не поліпшуються.

Яблука сортів Джонатан, Ренет шампанських, Спартан, Богатир краще зберігаються при температурі 2-3 ° С, а сорту Антонівка - при 3-4 ° С.

Відносну вологість повітря при зберіганні яблук підтримують у межах 90-95%. При такій вологості втрати від випаровування невеликі. При зниженій вологості плоди з тонкими покривними тканинами (Уелс, Аніс, Бойкен, Пепін шафранний) в'януть і зморщуються. При дуже великій вологості плоди загнивають, у деяких сортів лопається шкірка (Ренет шампанський).

Зберігання в холодильниках. Відсортовані та відкалібровані яблука упаковують в стандартну тару і завантажують холодильник не пізніше, ніж через добу після знімання. Запізнення на добу скорочує термін зберігання яблук на 10-15 днів. Продукцію розміщують окремими партіями одного сорту, зняті в однаковому ступені зрілості.

Для уповільнення дозрівання перед завантаженням у холодильник яблука можна охолодити до температури 5-6 ° С. Ефективна теплова обробка яблук перед закладанням на зберігання при температурі близько 30 ° С протягом 4 діб, такий прийом дозволяє видалити з тканин етилен. Після цього яблука охолоджують і зберігають.

У камерах холодильника влаштовують суцільний штабель, залишаючи при цьому вентиляційні проміжки шириною 10 см через кожні 2-4 скриньки.

У механізованих холодильниках електронавантажувачів встановлюють штабеля з пакетів ящиків на піддонах або з контейнерів в 4-5 ярусів. У камерах місткістю до 50 т встановлюють один суцільний штабель без проходів. У камерах більшої місткості залишають центральний прохід шириною 150 см. Від стін і батарей штабеля повинні відстояти на 50-60см. У камерах холодильниках необхідна циркуляція повітря. У перші 2-3 тижні вентилюють 2-3 рази на добу, пізніше - 5-6 разів на добу протягом 1 години.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

## Виноград

В залежності від сорту терміни надходження винограду до холодильника коливаються від початку серпня до кінця жовтня. Оскільки для роботи холодильника найважчим періодом роботи є саме літній, усі необхідні для розрахунків дані будуть братися для серпня.

Сортування винограду проходить безпосередньо на місці його збору. Там же і відбувається його упаковка у відкриті дерев'яні ящики лотки в один шар (596x396x140 мм – вага нетто винограду приблизно 7 кг, вага самого ящика 2.5 кг). Ящики у кількості 32 шт. складаються на один євро піддон (1200x800x150 мм – вага піддону 26 кг, висота піддону з ящиками 1290 мм). Після чого піддони завантажуються у автотранспорт, який і перевозить їх безпосередньо до холодильника. При надходженні винограду (температуру приймаємо на рівні 22 ... 24 °С) проводиться його зважування та завантаження до камер зберігання на стелажі. Стелажі приймаємо трьохярусні з висотою одного ярусу 1500 мм, глибиною – 1200 мм, довжиною – 1700 мм. Відступи від стін до стелажів приймаємо 300 мм, а ширину проїзду між стелажимами – 2000 мм. На один ярус стелажів завантажуються по 2 піддони з ящиками, проміжки між піддонами приймаємо по 100 мм. Таким чином загальна вантажна висота буде рівною 4290 мм.

Температуру зберігання винограду приймаємо –1 ... 0 °С, відносну вологість –85 – 95%. Підтримка заданої температури та відносної вологості в камері буде забезпечуватись підвісними спеціалізованими повітроохолодниками з захисним покриттям від дії сірчистої кислоти. Взимку при необхідності повітря в камері буде підігріватися електричними ТЕНами повітроохолодника.

Для запобігання розвитку шкідливої мікрофлори під час зберігання винограду, проводять окурювання винограду сірчистим ангідридом. При закінченні завантаження камери на 1 м<sup>3</sup> камери подається 6 – 10 г сірчистого газу з балону. Двері камери при цьому мають бути щільно

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				



## 2.2. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника

### 2.2.1 Розробка планування холодильника фруктосховища.

Загальна місткість холодильника 2500 т з них:

Персики = 300 т

Банани = 200 т

Яблука = 1000 т

Виноград = 500 т

Апельсини = 500 т

Прийmemo розмір сітки колон 6x12 м. Висоту приміщень приймаємо 5 м.

Будівля виконана на основі несучих конструкцій – металеві колони і балки. Стіни та перегородки самонесучі сандвіч панелі.

Визначаємо потрібну площу камер зберігання

а) Камери зберігання персиків за формулою (7.2 літ. 1):

$$F_{\text{к.зб.пер}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta} = \frac{300}{0,3 \cdot 4,8 \cdot 0,8} = 260,4 \text{ м}^2,$$

де  $B_{\text{к}}$  загальна місткість камер зберігання персиків;

$q_{\text{в}} = 0,5$  – норма завантаження персиків на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму камери (додаток 11 літ. 1);

$h_{\text{ван}}$  – вантажна висота штабелю;

$\beta$  – коефіцієнт використання будівельної площі.

При цьому кількість будівельних прямокутників знаходимо за формулою (7.6 літ. 1):

$$n = \frac{F}{f} = \frac{260,4}{6 \cdot 12} = 3,62,$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.КР.142.008.007.ПЗ

(приймаємо 4 прямокутників)

де  $F$  – площа камери

$f$  – площа одного прямокутника за прийнятої сітки колон

б) Камери зберігання бананів:

$$F_{\text{к.зб.бан}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta} = \frac{200}{0,3 \cdot 4,8 \cdot 0,8} = 173,6 \text{ м}^2,$$

де  $q_v = 0,3$  – норма завантаження бананів на  $1 \text{ м}^3$  вантажного об'єму камери (додаток 11 літ. 1);

$$n = \frac{F}{f} = \frac{173,6}{6 \cdot 12} = 2,4$$

(приймаємо 3 прямокутники)

с) Камери зберігання яблук:

$$F_{\text{к.зб.ябл}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta} = \frac{1000}{0,45 \cdot 4,8 \cdot 0,8} = 578,7 \text{ м}^2,$$

де  $q_v = 0,45$  – норма завантаження для яблук у контейнерах на  $1 \text{ м}^3$  вантажного об'єму камери (додаток 11 літ. 1);

$$n = \frac{F}{f} = \frac{578,7}{6 \cdot 12} = 8,037$$

(приймаємо 9 прямокутників)

д) Камери зберігання винограду:

$$F_{\text{к.зб.вин}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta} = \frac{500}{0,3 \cdot 4,3 \cdot 0,8} = 484,5 \text{ м}^2,$$

де  $q_v = 0,3$  – норма завантаження винограду у лотках на  $1 \text{ м}^3$  вантажного об'єму камери (додаток 11 літ. 1);

$$n = \frac{F}{f} = \frac{484,5}{6 \cdot 12} = 6,72$$

(приймаємо 7 прямокутників)

е) Камери зберігання апельсинів:

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{к.зб.ап}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta} = \frac{500}{0,3 \cdot 4,3 \cdot 0,8} = 484,5 \text{ м}^2,$$

де  $q_v = 0,3$  – норма завантаження апельсинів на  $1 \text{ м}^3$  вантажного об'єму камери (додаток 11 літ. 1);

$$n = \frac{F}{f} = \frac{484,5}{6 \cdot 12} = 6,72$$

(приймаємо 7 прямокутників)

Розрахуємо загальну площу камер зберігання:

$$\begin{aligned} F_{\text{кам.збер}} &= F_{\text{к.зб.пер}} + F_{\text{к.зб.бан}} + F_{\text{к.зб.ябл}} + F_{\text{к.зб.вин}} + F_{\text{к.зб.ап}} \\ &= 260,4 + 173,6 + 578,7 + 484,5 + 484,5 = 2560,3 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Знайдемо площу допоміжних приміщень:

$$F_{\text{доп}} = 0,15 \cdot F_{\text{кам.збер}} = 0,15 \cdot 2560,3 = 384 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F}{f} = \frac{384}{6 \cdot 12} = 5,3$$

(приймаємо 6 прямокутників)

Загальна площа охолоджувальних приміщень:

$$F_{\text{охл}} = 2560,3 + 768,09 = 3328,4 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F}{f} = \frac{3328,4}{6 \cdot 12} = 46,2$$

(приймаємо 47 прямокутники)

Площа машинного відділення:

$$F_{\text{маш}} = 0,075 \cdot F_{\text{охл}} = 0,075 \cdot 3328,4 = 249,63 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F}{f} = \frac{249,63}{6 \cdot 12} = 3,47$$

(приймаємо 4 прямокутників)

Площа службових приміщень:

$$F_{\text{сл}} = 0,1 \cdot F_{\text{охл}} = 0,1 \cdot 3328,4 = 332,84 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F}{f} = \frac{332,84}{6 \cdot 12} = 4,62$$

(приймаємо 5 прямокутників)

Розташуємо камери як показано на рис. 2.2.1

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

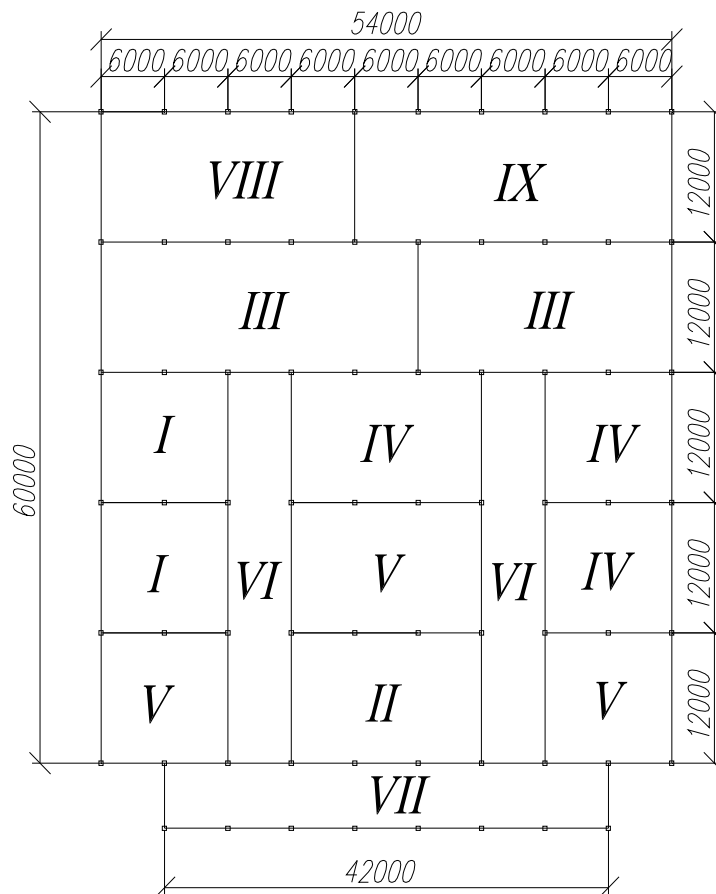


Рис. 2.2.1 Планування холодильника

I - камери зберігання персиків (0°C); II - камера зберігання бананів (14°C); III - камера зберігання яблук (0°C); IV - камери зберігання винограду (-1°C); V – камери зберігання апельсинів (4°C); VI - коридор; VII - автомобільна платформа; VIII – машинне відділення; IX – службові приміщення.

Більш детальне планування зображено на відповідному кресленні

Зведена таблиця

Назва приміщення	V <sub>к</sub> т	M т/добу	q <sub>v</sub> т/м <sup>3</sup>	β	h <sub>в</sub> м	F <sub>буд</sub> м <sup>2</sup>	n	n <sub>д</sub>	F <sub>д</sub> м <sup>2</sup>
Камери №I персики	300	30	0.3	0.8	4.8	260.4	3.62	4	288
Камера №II банани	200	20	0.3	0.8	4.8	173.6	2.4	3	216
Камера №III яблука	1000	100	0.45	0.8	4.8	578.7	8.037	9	648
Камера №IV винограду	500	50	0.3	0.8	4.3	484.5	6.72	7	504
Камера №V апельсини	500	50	0.3	0.8	4.3	484.5	6.72	7	504
Допоміжні приміщення						384	5.3	6	432
Машинне відділення						249.63	3.47	4	288
Службове відділення						332.84	4.62	5	360

## 2.3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Будівельно-ізоляційні конструкції холодильних камер наведено в таблицях



Рис. 2.3.1 Структура сандвіч панелі

1. - Металевий лист; 2.- Теплоізоляція із ППУ; 3. - Металевий лист

<b>Зовнішня стіна</b>	$\delta_i, \text{ м}$	$\lambda_i, \text{ Вт/(м*К)}$	$\text{м}^2\text{*К/Вт}$
1. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
2. Теплоізоляція із ППУ	-	0,025	<b>потрібно визначити</b>
3. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
Сумарний термічний опір $R_{\text{сум}}$			<b>0,0022</b>

<b>Внутрішня стіна</b>	$\delta_i, \text{ м}$	$\lambda_i, \text{ Вт/(м*К)}$	$\text{м}^2\text{*К/Вт}$
1. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
2. Теплоізоляція із ППУ	-	0,025	<b>потрібно визначити</b>
3. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
Сумарний термічний опір $R_{\text{сум}}$			<b>0,0022</b>

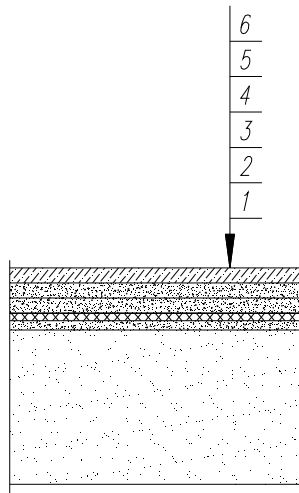
<b>Перегородка</b>	$\delta_i, \text{ м}$	$\lambda_i, \text{ Вт/(м*К)}$	$\text{м}^2\text{*К/Вт}$
1. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
2. Теплоізоляція із ППУ	-	0,025	<b>потрібно визначити</b>
3. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
Сумарний термічний опір $R_{\text{сум}}$			<b>0,0022</b>

Арк.

*00.KP.142.008.007.ПЗ*

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Перекриття	$\delta_i$ , м	$\lambda_i$ , Вт/(м*К)	м <sup>2</sup> *К/Вт
1. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
2. Теплоізоляція із ППУ	-	0,025	<b>потрібно визначити</b>
3. Металевий лист	0,0055	45	<b>0,0011</b>
			<b>0,0022</b>



1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону - 40 мм
2. Бетонна стяжка - 80 мм
3. Пароізоляція - 1 шар пергаміну - 1 мм
4. Теплоізоляція ППУ - 20 мм
5. Цементно піщаний розчин - 25 мм
6. Ущільнюючий пісок

Структура підлоги	$\delta_i$ , м	$\lambda_i$ , Вт/(м*К)	м <sup>2</sup> *К/Вт
Монолітне бетонне покриття із важкого бетону	0,04	1,86	0,022
Армобетоння стяжка	0,08	1,86	0,043
Пароізоляція (1 слой пергаміну)	0,001	0,15	0,007
Теплоізоляція плиточна (ППУ)	-	0,025	Потрібно визначити
Цементно-піщаний розчин	0,025	0,98	0,026
Ущільнюючий пісок	1,35	0,58	2,328
Сумарний термічний опір $R_{\text{сум}}$			2,426

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару:

					<i>00.KP.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \cdot \left[ \frac{1}{K_0} - \left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right], \text{ м}$$

де  $\lambda_{iz}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  ;

$K_0$  - оптимальний коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

$\alpha_6$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огороження,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для зовнішньої стіни:

Якщо  $t_{кам} = 0^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,4} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,059 \text{ , м ;}$$

Якщо  $t_{кам} = 4^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz2} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,053 \text{ , м ;}$$

Якщо  $t_{кам} = -1^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz3} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,38} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,062 \text{ , м ;}$$

Якщо  $t_{кам} = 14^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz4} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,65} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,035 \text{ , м ;}$$

Приймаємо товщину зовнішніх стін ППУ 80 мм.

$$k_{од} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,298 \text{ , } \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для внутрішньої стіни:

Якщо  $t_{кам} = 0^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,45} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,052 \text{ , м ;}$$

Якщо  $t_{кам} = 4^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz3} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,044 \text{ , м ;}$$

Якщо  $t_{кам} = -1^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz3} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,43} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,054 \text{ , м ;}$$

Якщо  $t_{кам} = 14^\circ\text{C}$

$$\delta_{iz3} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,65} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,035 \text{ , м ;}$$

Арк.

00.KP.142.008.007.ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Приймаємо товщину внутрішніх стін ППУ80 з урахуванням запасу.

$$k_{од} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0.0022 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0.08}{0.025}} = 0.298, \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для перегородок:

Якщо  $t_{кам} = 0/0^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,58} - \left( \frac{1}{9} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,037, м;$$

Якщо  $t_{кам} = 0/4^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,47} - \left( \frac{1}{9} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,048, м;$$

Якщо  $t_{кам} = 0/-1^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,55} - \left( \frac{1}{9} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,04, м;$$

Якщо  $t_{кам} = 4/-1^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,46} - \left( \frac{1}{9} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,049, м;$$

Якщо  $t_{кам} = 4/14^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,5} - \left( \frac{1}{9} + 0,0022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,044, м;$$

Прийmemo товщину всіх перегородок ППУ60

$$k_{од} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0.0022 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0.06}{0.025}} = 0.381, \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для покриття:

Якщо  $t_{кам} = -1^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,21} - \left( \frac{1}{23} + 0,0022 + \frac{1}{7} \right) \right] = 0,068, м.$$

Приймаємо товщину теплоізоляції для покриття ППУ80

$$k_{од} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 0.0022 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0.08}{0.025}} = 0.289$$

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару плиткової теплоізоляції для полу

Якщо  $t_{кам} = -1^{\circ}C$

$$\delta_{із1} = 0,025 \cdot \left[ \frac{1}{0,21} - \left( \frac{1}{7} + 2,426 \right) \right] = 0,055, м.$$

$$k_{од} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 2.426\right) + \frac{0.06}{0.025}} = 0.201$$

Арк.

00.КР.142.008.007.ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Товщину плиткової теплоізоляції приймаємо 60 мм.

### Теплоізоляція та пароізоляція.

Оскільки в даному проекті використовуються сандвіч панелі, то виконується герметизація стиків та пароізоляція примикання сандвіч панелей до несучих конструкцій. Вологостійкість всієї конструкції багато в чому залежить саме від виду і якості утеплювача.

Для пароізоляції стиків примикання сандвіч панелей до металевих конструкцій і забезпечення герметичних примикань нащільників застосовуємо самоклеючу ущільнюючу стрічку, яка має бути товщиною 2-4 мм. Для герметизації примикань нащільника до площини панелі, а також для герметизації стиків по замку панелі з внутрішньої сторони, застосовуємо силіконовий герметик.

Всі розрахункові дані заносимо до таблиці.

Назва огороження	$t_{\text{кам}}$ °C	$\lambda_{\text{із}}$ Вт/мК	K Вт/м <sup>2</sup> К	1/K м <sup>2</sup> /КВт	$\alpha_3$ Вт/м <sup>2</sup> К	1/ $\alpha_3$ м <sup>2</sup> К/Вт	$\alpha_{\text{в}}$ Вт/м <sup>2</sup> К	1/ $\alpha_{\text{в}}$ м <sup>2</sup> К/Вт	$\sum \delta_i/\lambda_i$ м <sup>2</sup> К/Вт	$\delta_{\text{із.потр}}$ м	$\delta_{\text{із.д}}$ м	K <sub>д</sub> Вт/м <sup>2</sup> К
Стіни зовнішні	0	0.025	0.4	2.5	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.059	0.08	0.298
	4	0.025	0.44	2.27	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.053	0.08	0.298
	-1	0.025	0.38	2.63	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.062	0.08	0.298
	14	0.025	0.65	1.54	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.035	0.08	0.298
Стіни внутрішні	0	0.025	0.45	2.2	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.052	0.08	0.298
	4	0.025	0.52	1.92	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.044	0.08	0.298
	-1	0.025	0.43	2.32	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.054	0.08	0.298
	14	0.025	0.65	1.53	23	0.043	9	0.11	0.0022	0.035	0.08	0.298
Перегородки	0/0	0.025	0.58	1.72	9	0.11	9	0.11	0.0022	0.037	0.06	0.381
	0/4	0.025	0.47	2.12	9	0.11	9	0.11	0.0022	0.048	0.06	0.381
	0/-1	0.025	0.55	1.8	9	0.11	9	0.11	0.0022	0.04	0.06	0.381
	0/-1	0.025	0.46	2.17	9	0.11	9	0.11	0.0022	0.049	0.06	0.381
	4/14	0.025	0.5	2	9	0.11	9	0.11	0.0022	0.044	0.06	0.381
Покриття	-1	0.025	0.21	4.76	23	0.043	7	0.14	0.0022	0.068	0.08	0.289
Підлога	-1	0.025	0.21	4.76	7	0.14	-	-	2.426	0.055	0.06	0.201

					<i>00.KP.142.008.007.P3</i>				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 2.4 Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень

Для підтримання заданої температури в охолоджувальному приміщенні, потрібно щоб всі теплопритоки відводилися камерним обладнанням батареями чи повітроохолодниками.

Всі теплопритоки поділяються на такі групи:

1. Через огорожуючі конструкції приміщення  $Q_1$ ;
2. Від продуктів чи матеріалів при їх холодильній обробці  $Q_2$ ;
3. З зовнішнім повітрям при вентиляції приміщення  $Q_3$ ;
4. Від різних джерел при експлуатації камер  $Q_4$ ;
5. Від фруктів і овочів в процесі "дихання", необхідному для життєдіяльності клітин  $Q_5$ ;

Всі теплопритоки будемо вважати постійними з часом і які припадають на літній період року.

Огороження	Кодисн Вт/(м <sup>2</sup> *К)	F, м <sup>2</sup>	t <sub>з</sub> , t <sub>г</sub> °C	И, °C	Q <sub>лг</sub> , Вт	t <sub>с</sub> °C	Q <sub>лс</sub> , Вт	Q <sub>л</sub> , Вт
Камера №III(1) зберігання яблук							t <sub>в</sub> , °C =	0
Стіна зовнішня								
північна	0,298	60	31	31	554,28	0	0	554,28
Внутрішня стіна в коридор	0,298	30	-	21,7	193,998	0	0	194,00
Двері в коридор	0,4	5	-	21,7	43,400	0	0	43,40
Стіна суміжна з машинним і службовим відділенням	0,298	150	-	21,7	969,990	0	0	969,99
Покриття	0,289	360	31	31	3225,24	14,9	1550,19	4775,44
							Всього Q <sub>1</sub> =	6537,1
Камера №III(2) зберігання яблук							t <sub>в</sub> , °C =	0
Стіна зовнішня								
південна	0,298	60	31	31	554,28	4,9	87,612	641,892
Внутрішня стіна в коридор	0,298	30	-	21,7	193,998	0	0	194,00
Двері в коридор	0,4	5	-	21,7	43,400	0	0	43,40
Стіна суміжна з машинним і службовим відділенням	0,298	120	-	21,7	775,992	0	0	775,99
Покриття	0,289	288	31	31	2580,19	14,9	1240,15	3820,35
							Всього Q <sub>1</sub> =	5475,6
Камера №I(1) зберігання персиків							t <sub>в</sub> , °C =	0
північна	0,298	60	31	31	554,28	0	0	554,28
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	21,7	387,996	0	0	388,00
Двері в коридор	0,4	5	-	21,7	43,400	0	0	43,40
Покриття	0,289	144	31	31	1290,09	14,9	620,078	1910,17
							Всього Q <sub>1</sub> =	2895,9

00.КР.142.008.007.ПЗ

№

Г

Камера №I(2) зберігання персиків							$t_{в}, ^{\circ}C =$	0
Стіна зовнішня								
північна	0,298	60	31	31	554,28	0	0	554,28
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	21,7	387,996	0	0	388,00
Двері в коридор	0,4	5	-	21,7	43,400	0	0	43,40
Стіна суміжна з камерами зберігання апельсинів	0,381	60	-	21,7	496,062	0	0	496,06
Покриття	0,289	144	31	31	1290,09	14,9	620,078	1910,17
							Всього $Q_1 =$	3391,9
Камера №IV(1) зберігання винограду							$t_{в}, ^{\circ}C =$	-1
Стіна суміжна								
з камерами зберігання яблук	0,381	90	0	1	34,290	0	0	34,29
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	22,4	400,512	0	0	400,51
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	22,4	400,512	0	0	400,51
Двері в коридор	0,4	5	-	22,4	44,800	0	0	44,80
Покриття	0,289	216	31	32	1997,56	14,9	930,117	2927,69
							Всього $Q_1 =$	3807,8
Камера №IV(2) зберігання винограду							$t_{в}, ^{\circ}C =$	-1
Стіна суміжна								
з камерою зберігання яблук	0,298	60	0	1	17,880	0	0	17,88
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	22,4	400,512	0	0	400,51
Двері в коридор	0,4	5	-	22,4	44,800	0	0	44,80
зовнішня стіна, південна	0,298	60	31	32	572,160	0	0	572,16
Покриття	0,289	144	31	32	1331,71	14,9	620,078	1951,79
Підлога	0,201	144	12	13	376,272	0	0	376,27
							Всього $Q_1 =$	2987,1

Камера №IV(3) зберігання винограду							$t_{в}, ^{\circ}C =$	-1
Стіна суміжна								
з камерою зберігання апельсинів	0,298	60	4	5	89,400	0	0	89,40
зовнішня стіна, південна	0,298	60	31	32	572,160	0	0	572,16
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	22,4	400,512	0	0	400,51
Двері в коридор	0,4	5	-	22,4	44,800	0	0	44,80
Покриття	0,258	144	31	32	1188,86	14,9	553,564	1742,43
Підлога	0,201	144	12	13	376,272	0	0	376,27
							Всього $Q_{1} =$	2849,3
Камера №V(1) Зберігання апельсинів							$t_{в}, ^{\circ}C =$	4
Стіна зовнішня								
північна	0,298	60	-	18,9	337,932	0	0	337,93
східна	0,298	60	31	27	482,760	6	107,28	590,04
Внутрішня стіна в коридор	0,298	60	-	18,9	337,932	0	0	337,93
Двері в коридор	0,4	5	-	22,4	44,800	0	0	44,80
Покриття	0,289	144	31	27	1123,63	14,9	620,078	1743,71
Підлога	0,201	144	12	8	231,552	0	0	231,55
							Всього $Q_{1} =$	3054,4
Камера №V(2) Зберігання апельсинів							$t_{в}, ^{\circ}C =$	4
Стіна								
Суміжна стіна з камерою зберігання бананів	0,381	90	14	10	342,900	0	0	342,90
Внутрішня стіна в коридор	0,289	60	-	18,9	327,726	0	0	327,73
Двері в коридор	0,4	5	-	18,9	37,800	0	0	37,80
Покриття	0,258	216	31	27	1504,65	14,9	830,347	2335,00
Підлога	0,297	216	12	8	513,216	0	0	513,22
							Всього $Q_{1} =$	3043,4



## 2.4.2. Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів.

2.4.2.1. Розраховуємо теплопритік при термічній обробці продуктів за формулою:

$$Q_2 = Q_{2П} + Q_{2Т} , Вт$$

де  $Q_{2П}$  - теплопритік від продуктів, Вт;

$Q_{2Т}$  - теплопритік від тари, Вт.

2.4.2.2. Знаходимо теплопритік від продуктів за формулою:

$$Q_{2П} = M_{\delta} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} , кВт$$

де  $M_{\delta}$  - добове надходження продукту в камеру, т/добу;

$i_n$  - ентальпія продукту при надходженні в камеру, кДж/кг;

$i_k$  - ентальпія продукту після холодильної обробки, кДж/кг;

$\tau$  - час холодильної обробки, год/діб.

2.4.2.3. Знаходимо теплопритік від тари за формулою:

$$Q_{2Т} = M_{\delta т} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} , кВт$$

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

$t_n$  - температура тари при надходженні в камеру, °С;

$t_k$  - температура тари після холодильної обробки, °С;

$\tau$  - час холодильної обробки, год/діб;

$C_T$  - теплоємність тари, кДж/(кг·К).

Камера зберігання яблук №III(1)

$$Q_{2П} = 55 \cdot (328 - 272) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 35,648 , кВт;$$

$$Q_{2Т} = 5.5 \cdot 2,3 \cdot (15 - 0) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 2,196 , кВт;$$

$$Q_2 = 35,648 + 2,196 = 37,844 , кВт.$$

Камера зберігання яблук №III(2)

$$Q_{2П} = 45 \cdot (328 - 272) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 29,167 , кВт;$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

$$Q_{2T} = 4,5 \cdot 2,3 \cdot (15 - 0) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 1,797 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 29,167 + 1,797 = 30,964 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання персиків №I(1)

$$Q_{2II} = 15 \cdot (307 - 236) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 12,326 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot (20 - 0) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,799 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 12,326 + 0,799 = 13,125 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання персиків №II(1)

$$Q_{2II} = 15 \cdot (307 - 236) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 12,326 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot (20 - 0) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,799 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 12,326 + 0,799 = 13,125 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання апельсинів №V(1)

$$Q_{2II} = 15 \cdot (328 - 287) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 7,118 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot (15 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,439 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 7,118 + 0,439 = 7,557 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання апельсинів №V(2)

$$Q_{2II} = 20 \cdot (328 - 287) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 9,491 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 2 \cdot 2,3 \cdot (15 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,586 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 9,491 + 0,586 = 10,077 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання апельсинів №V(3)

$$Q_{2II} = 15 \cdot (328 - 287) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 7,118 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot (15 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,439 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 7,118 + 0,439 = 7,557 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання винограду №IV(1)

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2П} = 20 \cdot (347 - 233) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 26,389 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2Г} = 2 \cdot 2,3 \cdot (15 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,586 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 26,389 + 0,586 = 26,975 \text{ , кВт}.$$

#### Камера зберігання винограду №IV(2)

$$Q_{2П} = 15 \cdot (347 - 233) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 19,792 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2Г} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot (15 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,439 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 19,792 + 0,439 = 20,231 \text{ , кВт}.$$

#### Камера зберігання винограду №IV(3)

$$Q_{2П} = 15 \cdot (347 - 233) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 19,792 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2Г} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot (15 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,439 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 19,792 + 0,439 = 20,231 \text{ , кВт}.$$

#### Камера зберігання бананів №II

$$Q_{2П} = 20 \cdot (328 - 320) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 1,852 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2Г} = 2 \cdot 2,3 \cdot (15 - 14) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,053 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 1,852 + 0,053 = 1,905 \text{ , кВт}.$$

Таблиця 4

Номер камери	t <sub>кам</sub> °C	M <sub>д</sub> т/доб	M <sub>дг</sub> т/доб б	t <sub>п</sub> °C	t <sub>к</sub> °C	i <sub>п</sub> кДж/ кг	i <sub>к</sub> кДж/ кг	C <sub>г</sub> кДж/ кгК	τ год	Q <sub>2п</sub> кВт	Q <sub>2г</sub> кВт	Q <sub>2</sub> кВт
Камера №I(1)	0	15	1,5	20	0	307	236	2,3	24	12.326	0,799	13,125
Камера №I(2)	0	15	1,5	20	0	307	236	2,3	24	12.326	0,799	13,125
Камера №II	14	20	2	15	14	328	320	2,3	24	1.852	0.053	1,905
Камера №III(1)	0	55	5,5	15	0	328	272	2,3	24	35.648	2.196	36,884
Камера №III(2)	0	45	4,5	15	0	328	272	2,3	24	29.167	1.797	37,844
Камера №IV(1)	-1	15	1,5	15	-1	347	233	2,3	24	26.389	0.586	26,975
Камера №IV(2)	-1	15	1,5	15	-1	347	233	2,3	24	19.172	0.439	20,231
Камера №IV(3)	-1	20	2	15	-1	347	233	2,3	24	19.172	0.439	20,231
Камера №V(1)	4	15	1,5	15	4	328	287	2,3	24	7.118	0.439	7,557
Камера №V(2)	4	20	2	15	4	328	287	2,3	24	9.491	0.586	10,077

					00.КР.142.008.007.ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Камера №V(3)	4	15	1,5	15	4	328	287	2,3	24	7.118	0.439	7.557
--------------	---	----	-----	----	---	-----	-----	-----	----	-------	-------	-------

#### 2.4.4. Розрахунок експлуатаційних теплопритоків.

##### 2.4.4.1. Розраховуємо експлуатаційні теплопритоки за формулою:

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

де  $q_1$  - тепло притік від освітлення,  $\text{Вт}$ ;

$q_2$  - тепло притік від людей,  $\text{Вт}$ ;

$q_3$  - тепло притік від працюючих електродвигунів,  $\text{Вт}$ ;

$q_4$  - тепло притік від відкривання дверей,  $\text{Вт}$ .

##### 2.4.4.2. Знаходимо теплопритік від освітлення за формулою:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт}$$

де  $A$  - питомий теплопритік від приладів на  $1 \text{ м}^2$  підлоги,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

$F$  - площа камери,  $\text{м}^2$ .

##### 2.4.4.3. Знаходим теплопритік від перебування людей за формулою:

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ Вт}$$

де  $n$  - кількість людей,  $\text{чол}$ ;

350 - теплопритік від однієї працюючої людини,  $\text{Вт}/\text{чол}$ .

##### 2.4.4.4. Знаходим теплопритік від працюючих електродвигунів за формулою:

$$q_3 = N_{\text{ел}} \cdot 1000, \text{ Вт}$$

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

##### 2.4.4.5. Знаходим теплопритік від відкривання дверей за формулою:

$$q_4 = K \cdot F, \text{ Вт}$$

де  $K$  - питомий теплопритік на  $1 \text{ м}^2$  підлоги,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

$F$  - площа камери,  $\text{м}^2$ .

#### Камера зберігання персиків №I(1)

$$q_1 = 2,3 \cdot 144 / 1000 = 0,331, \text{ кВт};$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7, \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 144 = 0,576, \text{ кВт};$$

													Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ								

$$Q_4 = 0.331 + 0.7 + 4 + 0.576 = 5.706 \text{ , кВт.}$$

#### Камера зберігання персиків №I(2)

$$q_1 = 2,3 \cdot 144 / 1000 = 0,331 \text{ , кВт;}$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \text{ , кВт;}$$

$$q_3 = 4 \text{ , кВт;}$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 144 = 0.576 \text{ , кВт;}$$

$$Q_4 = 0.331 + 0.7 + 4 + 0.576 = 5.706 \text{ , кВт.}$$

#### Камера зберігання бананів №II

$$q_1 = 2,3 \cdot 216 / 1000 = 0,497 \text{ , кВт;}$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 3 = 1.05 \text{ , кВт;}$$

$$q_3 = 4 \text{ , кВт;}$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 216 = 1.08 \text{ , кВт;}$$

$$Q_4 = 0.497 + 1.05 + 4 + 1.08 = 7.621 \text{ , кВт.}$$

#### Камера зберігання яблук №III(1)

$$q_1 = 2,3 \cdot 360 / 1000 = 0,828 \text{ , кВт;}$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 4 = 1.4 \text{ , кВт;}$$

$$q_3 = 4 \text{ , кВт;}$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 360 = 1.8 \text{ , кВт;}$$

$$Q_4 = 0.828 + 1.4 + 4 + 1.8 = 8.028 \text{ , кВт.}$$

#### Камера зберігання яблук №III(2)

$$q_1 = 2,3 \cdot 288 / 1000 = 0,662 \text{ , кВт;}$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 4 = 1.4 \text{ , кВт;}$$

$$q_3 = 4 \text{ , кВт;}$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 288 = 1.44 \text{ , кВт;}$$

$$Q_4 = 0.662 + 1.4 + 4 + 1.44 = 7.502 \text{ , кВт.}$$

#### Камера зберігання винограду №IV(1)

$$q_1 = 2,3 \cdot 216 / 1000 = 0,497 \text{ , кВт;}$$

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_2 = 0,35 \cdot 3 = 1.05, \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 216 = 1.08, \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0.497 + 1.05 + 4 + 1.08 = 7.621, \text{ кВт}.$$

#### Камера зберігання винограду №IV(2)

$$q_1 = 2,3 \cdot 144 / 1000 = 0,331, \text{ кВт};$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7, \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 144 = 0.576, \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0.331 + 0.7 + 4 + 0.576 = 5.706, \text{ кВт}.$$

#### Камера зберігання винограду №IV(3)

$$q_1 = 2,3 \cdot 144 / 1000 = 0,331, \text{ кВт};$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7, \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 144 = 0.576, \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0.331 + 0.7 + 4 + 0.576 = 5.706, \text{ кВт}.$$

#### Камера зберігання апельсинів №V(1)

$$q_1 = 2,3 \cdot 144 / 1000 = 0,331, \text{ кВт};$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7, \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 144 = 0.576, \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0.331 + 0.7 + 4 + 0.576 = 5.706, \text{ кВт}.$$

#### Камера зберігання апельсинів №V(2)

$$q_1 = 2,3 \cdot 216 / 1000 = 0,497, \text{ кВт};$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 3 = 1.05, \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 216 = 1.08, \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0.497 + 1.05 + 4 + 1.08 = 7.621, \text{ кВт}.$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

### Камера зберігання апельсинів №V(3)

$$q_1 = 2,3 \cdot 144 / 1000 = 0,331 \text{ , кВт};$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \text{ , кВт};$$

$$q_3 = 4 \text{ , кВт};$$

$$q_4 = 0,005 \cdot 144 = 0.576 \text{ , кВт};$$

$$Q_4 = 0.331 + 0.7 + 4 + 0.576 = 5.706 \text{ , кВт}.$$

Таблиця 5

Номер камери	F <sub>д</sub> м <sup>2</sup>	A Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>1</sub> кВт	n чол	q <sub>2</sub> кВт	N <sub>ел</sub> кВт	q <sub>3</sub> кВт	K Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>4</sub> кВт	Q <sub>4</sub> кВт
Камера №I(1)	144	2,3	0.331	2	0.7	4	4	5	0.576	<b>5.706</b>
Камера №I(2)	144	2,3	0.331	2	0.7	4	4	5	0.576	<b>5.706</b>
Камера №II	216	2,3	0,497	3	1.05	4	4	5	1.08	<b>7.621</b>
Камера №III(1)	360	2.3	0.828	4	1.4	4	4	5	1.8	<b>8.028</b>
Камера №III(2)	288	2.3	0.622	4	1.4	4	4	5	1.44	<b>7502</b>
Камера №IV(1)	216	2,3	0,497	3	1.05	4	4	5	1.08	<b>7.621</b>
Камера №IV(2)	144	2,3	0.331	2	0.7	4	4	5	0.576	<b>5.706</b>
Камера №IV(3)	144	2,3	0.331	2	0.7	4	4	5	0.576	<b>5.706</b>
Камера №V(1)	144	2,3	0.331	2	0.7	4	4	5	0.576	<b>5.706</b>
Камера №V(2)	216	2,3	0,497	3	1.05	4	4	5	1.08	<b>7.621</b>
Камера №V(3)	144	2,3	0.331	2	0.7	4	4	5	0.576	<b>5.706</b>

#### 2.4.2.3 Розрахунок теплопритоків від вентиляції приміщень.

Камери зберігання фруктів і овочів обладнують приточно-витяжною вентиляцією. Кратність циркуляції в звичайних камерах холодильників для фруктів 3-4 об'єма камери за добу.

Теплоприток від зовнішнього повітря при вентиляції розраховують за формулою:

$$Q_3 = M_{нов} (i_{зов} - i_{вн}), \text{ кВт}$$

де  $M_{нов}$  - масова витрата вентиляційного повітря, кг/с;  $i_{зов}, i_{вн}$  - питомі ентальпії зовнішнього повітря і повітря в камері кДж/кг.

Масова витрата вентиляційного повітря  $M_{нов}$  (кг/с) визначають, виходячи з необхідності забезпечення кратності циркуляції повітрообміну декількох об'ємів за добу:

					<b>00.KP.142.008.007.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Камера зберігання винограду №IV(3)

$$M_{нов} = \frac{720 \cdot 4 \cdot 1.290}{24 \cdot 3600} = 0.043, \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 0,043 \cdot (55 - 6.7) = 2.07, \text{ кВт}$$

Камера зберігання апельсинів №V(1)

$$M_{нов} = \frac{720 \cdot 4 \cdot 1.270}{24 \cdot 3600} = 0.042, \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 0,042 \cdot (55 - 15.2) = 1.69, \text{ кВт}$$

Камера зберігання апельсинів №V(2)

$$M_{нов} = \frac{1080 \cdot 4 \cdot 1.270}{24 \cdot 3600} = 0.0635, \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 0,0635 \cdot (55 - 15.2) = 2.52, \text{ кВт}$$

Камера зберігання апельсинів №V(3)

$$M_{нов} = \frac{720 \cdot 4 \cdot 1.270}{24 \cdot 3600} = 0.042, \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 0,042 \cdot (55 - 15.2) = 1.69, \text{ кВт}$$

Занесемо результати розрахунків до таблиці

Таблиця 6

Номер камери	V	a	$\rho_v$	$i_{зов}$	$i_{вн}$	Q <sub>3</sub>
	м <sup>3</sup>	об/доб	кг/м <sup>3</sup>	кДж/кг	кДж/кг	кВт
Камера №I(1)	720	4	1,293	55	8,3	<b>2,01</b>
Камера №I(2)	720	4	1,293	55	8,3	<b>2,01</b>
Камера №II	-	-	-	-	-	-
Камера №III(1)	1800	4	1,293	55	8.35	<b>5.03</b>
Камера №III(2)	1440	4	1,293	55	8,3	<b>4.02</b>
Камера №IV(1)	1080	4	1,290	55	6.7	<b>3.11</b>
Камера №IV(2)	720	4	1,290	55	6.7	<b>2.07</b>
Камера №IV(3)	720	4	1,290	55	6.7	<b>2.07</b>
Камера №V(1)	720	4	1,270	55	15.2	<b>1.69</b>
Камера №V(2)	1080	4	1,270	55	15.2	<b>2.52</b>
Камера №V(3)	720	4	1,270	55	15.2	<b>1.69</b>

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

де  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  – надходження теплоти відповідно через огорожувальні будівельні конструкції, від продуктів при холодильному оброблені, від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією камери, що виділяється продуктами під час дихання.

Поділемо камери по температурах і підрахуємо теплонадходження по кожній температурі

Таблиця 7

Назва приміщення	Q <sub>1</sub> , кВт	Q <sub>2</sub> , кВт	Q <sub>3</sub> , кВт	Q <sub>4</sub> , кВт	Q, кВт
Температура в камері 0 °С					
Камера зберігання персиків №I(1)	2,895	13,125	2,01	5,706	23,736
Камера зберігання персиків №I(2)	3,391	13,125	2,01	5,706	24,232
Камера зберігання яблук №III(1)	6,537	36,884	5,03	8,028	56,479
Камера зберігання яблук №III(2)	5,475	37,844	4,02	7,502	54.841
<b>Всього</b>					<b>159,288</b>
Температура в камері -1 °С					
Камера зберігання винограду №IV(1)	3,807	26,975	3,11	7,621	41,543
Камера зберігання винограду №IV(2)	3,363	20,231	2,07	5,706	31,37
Камера зберігання винограду №IV(3)	2,849	20,231	2,07	5,706	30,856
<b>Всього</b>					<b>103,769</b>
Температура в камері 4 °С					
Камера зберігання апельсинів №V(1)	3,054	7,557	1,69	5,706	18,007
Камера зберігання апельсинів №V(2)	3,043	10,077	2,52	7,621	23,261
Камера зберігання апельсинів №V(3)	3,151	7,557	1,69	5,706	18,104
<b>Всього</b>					<b>59,372</b>
Температура в камері 14 °С					
Камера зберігання бананів №II	2,665	1,905	-	7,621	13,063
<b>Всього</b>					<b>13,063</b>

## **2.5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.**

2.5.1. Навантаження на компресори, що працюють при температурі кипіння  $t_0 = -10^\circ\text{C}$  :

$$\Sigma Q_{-10} = 263.057 \text{кВт};$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \times \Sigma Q_{-10}}{b};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;  
 $k=1,12$ ;  $b$  – коефіцієнт робочого часу;  $b=0,7$ ;

$$Q_0 = \frac{1,12 \times 263.057}{0,7} = 420.89 \text{кВт};$$

2.5.2 Навантаження на компресори, що працюють при температурі кипіння  $t_0 = -5^\circ\text{C}$  :

$$\Sigma Q_{-2} = 59.372 \text{кВт};$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \times \Sigma Q_{-5}}{b};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;  
 $k=1,12$ ;  $b$  – коефіцієнт робочого часу;  $b=0,7$ ;

$$Q_0 = \frac{1,12 \times 59.372}{0,7} = 94.99 \text{кВт};$$

2.5.3. Навантаження на компресори, що працюють при температурі кипіння  $t_0 = 5^\circ\text{C}$  :

знаходимо з теплового балансу ресивера:

$$\Sigma Q_5 = 13.63 \text{кВт};$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \times \Sigma Q_5}{b};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;  
 $k=1,12$ ;

$b$  – коефіцієнт робочого часу;  $b=0,7$ ;

$$Q_0 = \frac{1,12 \times 13.63}{0,7} = 21.8 \text{кВт};$$

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **2.6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки**

Після визначення теплового навантаження на компресор і камерне обладнання обирають систему охолодження, найбільш раціональну для даного об'єкта.

При цьому необхідно вирішити, проектувати систему централізованого холодопостачання або децентралізовану систему, безпосереднього охолодження або з проміжним холодоносієм (розсільну), аміачну або хладонову, безнасосну або насосно-циркуляційну, якій системі охолодження камер віддати перевагу: батарейній або повітряній. Нарешті, необхідно вирішити, яку вибрати систему відведення теплоти конденсації: повітрям, водопровідною водою, водою з системи оборотного водопостачання, за допомогою випарних конденсаторів і т.д.

На вибір системи охолодження основний вплив роблять наступні фактори: число і вид охолоджуваних об'єктів - споживачів холоду; розрахункова температура в об'єктах; теплове навантаження від кожного об'єкта і розрахункова сумарна холодопродуктивність; вимоги техніки безпеки; наявність серійного устаткування і приладів автоматики з необхідними характеристиками.

**У даному проекті буде використано централізовану систему охолодження.**

У централізованих системах охолодження створюють загальне машинне відділення для всіх компресорів або компресорних агрегатів, а також іншого устаткування, що обслуговують ряд споживачів холоду (охолоджуваних камер, кондиціонерів, охолоджуваного технологічного обладнання). Концентрація обладнання в загальному залі полегшує його обслуговування і нагляд протягом робочого дня, якщо потрібне постійне спостереження. Останнє має особливо велике значення для аміачних холодильних установок. Тому на великих холодильниках місткістю 1000 т і більше з аміачними системами охолодження застосовують централізоване холодопостачання з розміщенням в загальному машинному відділенні компресорів, що працюють на різні температури кипіння.

До недоліків централізованого холодопостачання слід віднести складність і тривалість монтажу холодильної установки, наявність великої кількості розподільчих пристроїв, розгалуженої мережі трубопроводів, запірної арматури.

Крім того, в установках середньої продуктивності централізовані машинні

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

відділення займають дуже велику площу в порівнянні з площею холодильних камер: 35% у холодильниках місткістю 125 т і 50% в холодильниках місткістю 12 т.

Системи з централізованим холодопостачанням можуть бути безпосереднього охолодження або з проміжним холодоносієм. При виборі між ними враховують, що перші більш економічні завдяки невеликому перепаду температур між повітрям в камері і температурою кипіння, а зниження перепаду температур на 50 °С зменшує витрату електроенергії приблизно на 15%.

**Для даного проекту буде використано аміачну систему з проміжним теплоносієм.**

Застосування установок з використанням проміжного холодоносія має бути в кожному конкретному випадку виправдано технологічно або міркуваннями безпеки.

Аміачні системи безпосереднього охолодження можуть бути безнасосними і насосно-циркуляційними.

**У проекті буде використано насосно-циркуляційну систему охолодження.**

Застосування безнасосних систем обмежене: їх використовують на невеликих холодильниках місткістю до 600 т і в невеликих установках для приготування «крижаної» води на підприємствах молочної промисловості.

У цей час переважне поширення одержали аміачні насосно-циркуляційні схеми. Основна причина переходу до насосно-циркуляційних схем є те, що при охолодженні 5 - 6 камер і більше (тобто при більшій кількості паралельних гілок живлення випарників) потрібна велика кількість регуляторів заповнення (наприклад, ТРВ), що не тільки здорожує установку, але і знижує її надійність. Крім того, при великій кількості паралельних гілок з'являються труднощі в розподілі і дозуванні холодоагенту по приладах. Тому при числі камер 5 і більше, а також для живлення холодоагентом морозильних апаратів зазвичай використовують насосно-циркуляційні схеми.

Як при безнасосній, так і при насосно-циркуляційній схемах холодильна установка може бути одно-і двоступеневою.

**У проекті використано схему двоступеневого стиснення.**

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

Причинами, що обумовлюють перехід від одноступінчатого стиснення до двоступінчастого, є:

1. Зменшення коефіцієнта подачі компресора  $\lambda$  при зниженні температури кипіння, оскільки зростає відношення тисків  $p_k/p_0$ ; при заданому навантаженні це призводить до необхідності встановлювати компресор з більшою об'ємною продуктивністю.

2. Збільшення температури кінця стиснення при збільшенні  $p_k - p_0$ ; для аміачних холодильних установок ця температура не повинна бути вище  $150^\circ \text{C}$ , різниця тисків  $p_k - p_0$  не повинна бути більше 1,67 МПа.

3. Зниження економічності роботи установки.  
компресорів, можна керуватися наступним правилом: якщо сумарна теоретична об'ємна продуктивність компресорів обох ступенів у двоступеневої установки буде менше об'ємної продуктивності компресора одноступінчастої установки, доцільно переходити на двохступенеve стиснення.

При проектуванні системи охолодження необхідно також вибрати камерне обладнання.

Для охолодження камер холодильників застосовують:

батареїне (або тихе) охолодження, при якому в камері виникає природна циркуляція повітря;

охолодження повітроохолоджувачами (повітряне охолодження), при якому в камері створюється примусова циркуляція повітря під впливом вентиляторів повітроохолоджувачів;

змішане охолодження, при якому в камері встановлюють як батареї, так і повітроохолоджувачі.

Основна перевага батареїного охолодження - порівняно невелика усушка продуктів, що зберігаються в упакованому вигляді. До недоліків цих систем відносяться велика металоємність, нерівномірність розподілу температури за обсягом камери і складність відтаювання інею.

Системи повітряного охолодження позбавлені цих недоліків, тому вони знаходять все більш широке поширення. Збільшення втрат продукту в результаті усушки, що є основним недоліком цих систем, долають шляхом застосування

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.007.ПЗ				

пакувальних плівкових матеріалів, застосування екранів з недефіцитних матеріалів для перехоплення теплонадходжень через стіни, зволоженням повітря в камері.

У курсовому проекті при виборі способу і приладів охолодження передбачено: у камерах зберігання фруктів за температур 0 та 12 °С – повітряне охолодження з використанням повітроохолоджувачів, що забезпечують інтенсивну циркуляцію повітря;

у камерах зберігання фруктів 4 °С – повітряне охолодження з використанням повітроохолоджувачів, що забезпечують інтенсивну циркуляцію повітря;

Тип конденсатора вибирають в залежності від призначення установки, умов водопостачання і якості води з урахуванням кліматичних даних.

Для даного проекту обрано 2 випарних конденсатора і 2 кожухотрубних

У більшості випадків на великих і середніх установках, працюючих із застосуванням різних холодоагентів, використовують конденсатори з водяним охолодженням (горизонтальні кожухотрубні), що доцільно при наявності оборотного водопостачання.

У разі прямої системи водопостачання з природних водоймищ на великих холодильних установках, що працюють на аміаку, використовують вертикальні кожухотрубні конденсатори.

Для районів з низькою відносною вологістю повітря рекомендується застосовувати випарні конденсатори.

Застосування повітряних конденсаторів доцільно в північних і середніх кліматичних районах, у південних районах воно обмежене через високу температуру зовнішнього повітря.

При використанні конденсаторів повітряного охолодження перевагу слід віддавати виносним (наприклад, даховим) конденсаторам, тому що при розміщенні великої кількості конденсаторів всередині приміщення для видалення теплоти конденсації потрібен пристрій додаткової припливно-витяжної вентиляції.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.007.ПЗ				

## 2.7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів

Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування (пара на вході в компресор)  $t_{вс}$  та переохолодження рідкого холодильного агента перед регулювальним вентилем  $t_{п}$ . Значення цих параметрів вибирають в залежності від призначення холодильної установки і розрахункових зовнішніх умов.

Температура кипіння в установках с проміжним носієм приймають в залежності від розрахункової температури повітря в камері.

При виборі розрахункового режиму температуру розсолу на виході з батареї або розсільного повітроохолодника приймають на  $6...8$  °С нижче повітря в камері, підігрів розсолу при проходженні його через пристрій охолодження  $2...4$ °С :

$$t_0 = t_s - (4 \div 6)^0 C$$

Температура конденсації залежить від температури і кількості води, що подається на конденсатор.

Температура конденсації для установок з водяним охолодженням конденсатора приймають на  $2-4$ °С вище температури води, що виходить з конденсатора.

$$t_k = t_{\omega 2} + (2 \div 4)^0 C = t_{\omega 1} + \Delta t_{\omega} + (2 \div 4)^0 C$$

При оборотній системі водопостачання температуру води  $t_{\omega 1}$  та  $t_{\omega 2}$  визначають розрахунковими параметрами навколишнього середовища та величиною коефіцієнта ефективності холодильника оборотної води:

$$\eta = \frac{t_{\omega 2} - t_{\omega 1}}{t_{\omega 2} - t_{мт}}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

$\eta$  - коефіцієнт ефективності охолодника залежить від його типу і може бути визначений за такими даними: для плівкової градирні

$\eta = (0,35 \div 0,45)$ , прийємомо  $\eta = 0,4$ . Нагрів води в конденсаторі:

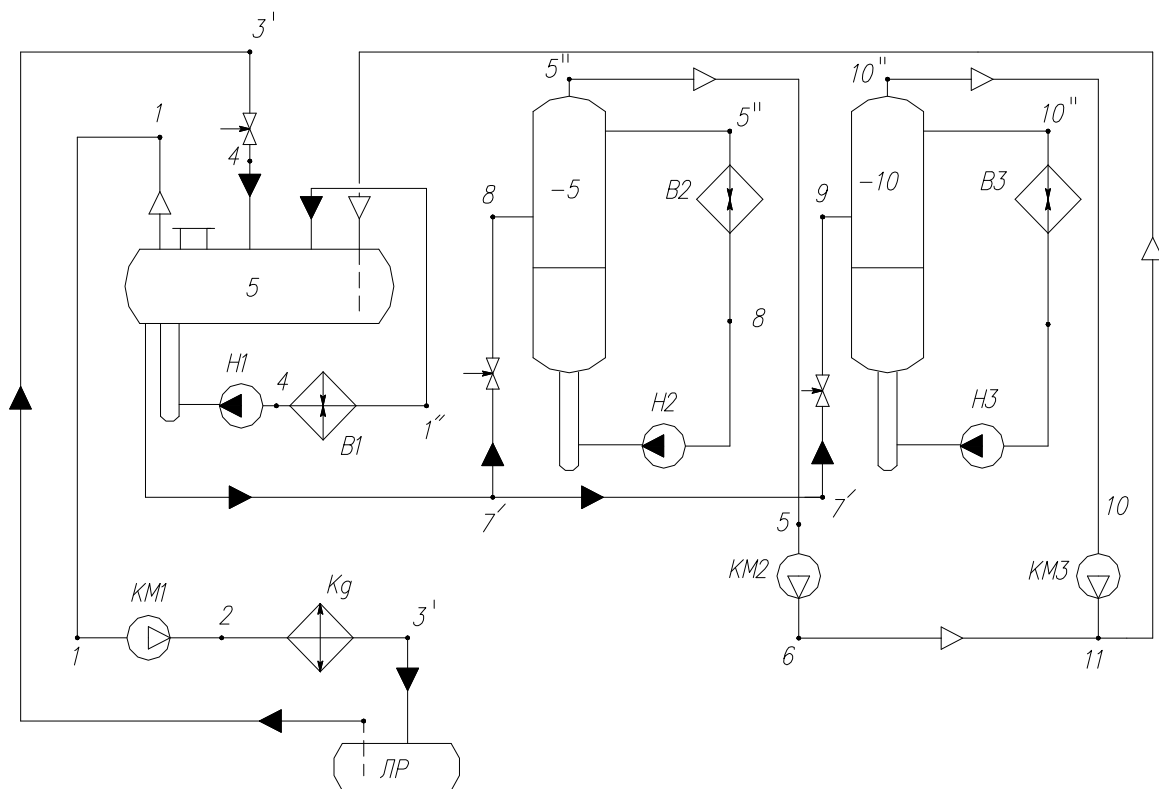
$$\Delta t_{\epsilon} = 5^{\circ}C$$

Для міста Київ температура мокрого термометра при  $t_c=31^{\circ}C$ ;  $\phi = 52\%$ ,  
 $t_{MT}=23^{\circ}C$ ,  
 тоді:

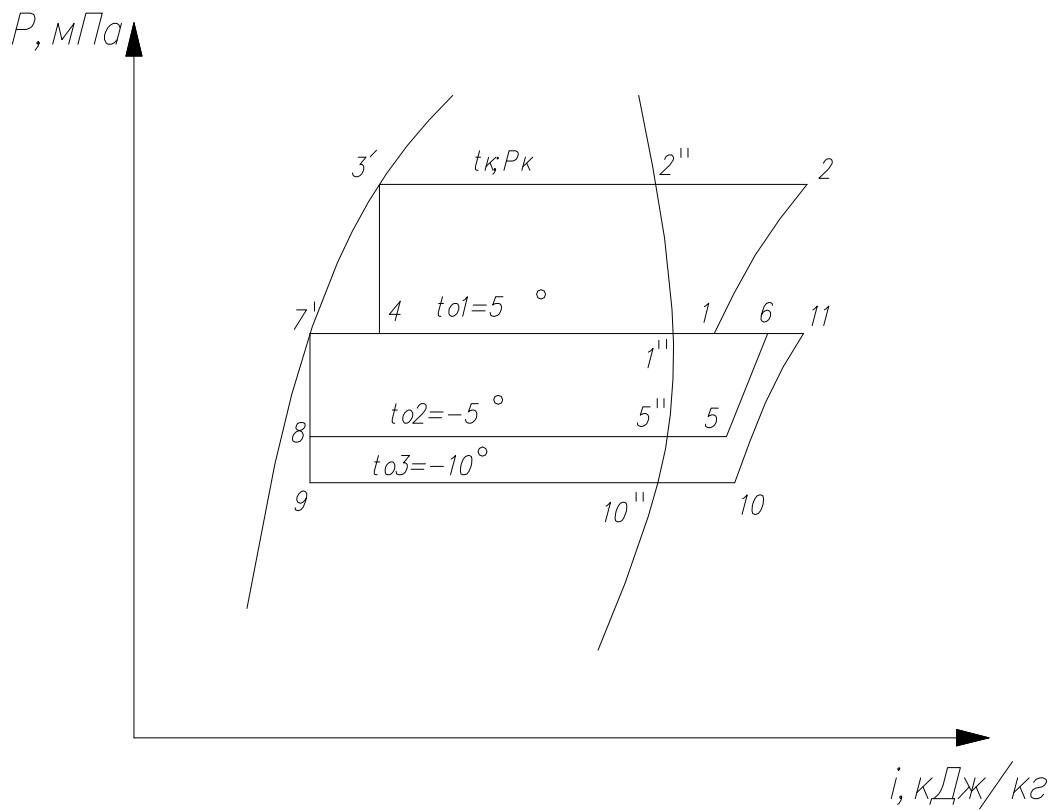
$$t_{\omega 2} = \frac{\Delta t_{\omega}}{\eta} + t_{mm} = \frac{5}{0,4} + 23 = 35^{\circ}C$$

$$t_k = t_{\omega 2} + (2 \div 4) = 35 + 3 = 38^{\circ}C$$

Будуємо схему і цикл в lg P-h діаграмі для R717. Значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу заносимо до таблиці.



										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.007.ПЗ					



№ точки	t, °C	p, бар	v, м³/кг	h, кДж/кг
1''	5	5.16	0.241	1467
1	15	5.16	0.254	1493
2	91.5	14,7	0,111	1645
2''	38	14,7	0,088	1489
3'	38	14,7	-	377
4	5	5.16	0.031	377
5	5	3.55	0,36	1482
5''	-5	3.55	0,35	1456
6	30	5.16	0,271	1531
7'	5	5.16	-	223
8	-5	3.55	0,014	223
9	-10	2.9	0.025	223
10''	-10	2.9	0.42	1450
10	0	2.9	0.437	1475
11	38.5	5.16	0.28	1552

Масова витрата циркулюючого холодильного агента, який треба відводити від циркуляційних ресиверів:

$$M_{(-10)} = Q_{0m(-10)} / (i_{10''} - i_9) = \frac{420.89}{(1450 - 223)} = 0,34 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				



$\Delta P_{\text{вс}} = 10 \text{кПа}$  - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 10 \text{кПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{\text{нр}} = 355 \text{кПа}$ ;

$$\lambda_{i1} = \frac{355-10}{355} - 0,05 \times \left[ \left( \frac{516+10}{355} \right) - \frac{355-10}{355} \right] = 0,946;$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_{\text{нр}}} = \frac{273 + (-5)}{273 + (5)} = 0,96;$$

$$\lambda_3 = \lambda_{i3} \times \lambda_{w'3} = 0,946 \times 0,96 = 0,91;$$

Для КМЗ.

$$\lambda_{i2} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \times \left[ \left( \frac{P_{\text{нр}} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{\text{вс}})}{P_0} \right];$$

$c=0,05$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 10 \text{кПа}$  - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 10 \text{кПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{\text{нр}} = 355 \text{кПа}$ ;

$$\lambda_{i1} = \frac{290-10}{290} - 0,05 \times \left[ \left( \frac{355+10}{290} \right) - \frac{290-10}{290} \right] = 0,951;$$

$$\lambda_{w'2} = \frac{T_0}{T_{\text{нр}}} = \frac{273-10}{273+5} = 0,946;$$

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \times \lambda_{w'2} = 0,951 \times 0,946 = 0,899;$$

Розрахунок компресора КМ1.

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{(s)} \times v_1 = 0,52 \times 0,254 = 0,132 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2)  $\lambda = 0,789$ ;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0.132}{0.789} = 0.167 \frac{M^3}{c};$$

4) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(5)} \times (i_7 - i_6) = 0.0064 \times (1645 - 1493) = 24.45 \text{кВт};$$

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w1} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,0025;$$

$$\eta_i = 0,86 + 0,0025 \times (5) = 0,87;$$

6) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{24.45}{0.87} = 29.24 \text{кВт};$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \times P_{mp} = 0.167 \times 59 = 9.853 \text{кВт};$$

8) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 29.24 + 9.853 = 39.093 \text{кВт};$$

9) Потужність двигуна:

$$N_{об} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{39.093}{0,9} = 43.44 \text{кВт};$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі ( $V_m$ ), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких  $V_{км}$  на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8 \div 0,6$ .

Вибираємо три аміачні компресори АУУ90 – сумарною об'ємною подачею

$$\Sigma V_m = 768 \frac{M^3}{год} = 0.21 \frac{M^3}{c};$$

Розрахунок компресора КМ2.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_{\delta} = M_{(-5)} \times v_5 = 0,077 \times 0,36 = 0,0277 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2)  $\lambda = 0,946$ ;

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_{\delta}}{\lambda} = \frac{0,0277}{0,946} = 0,0293 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

4) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(-5)} \times (i_6 - i_5) = 0,077 \times (1531 - 1482) = 3,77 \text{кВт};$$

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w2} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,0025;$$

$$\eta_i = 0,96 + 0,0025 \times (-5) = 0,9475;$$

6) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{3,77}{0,9475} = 3,98 \text{кВт};$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \times P_{mp} = 0,293 \times 59 = 17,346 \text{кВт};$$

8) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 3,98 + 17,346 = 21,32 \text{кВт};$$

9) Потужність двигуна:

$$N_{\delta e} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{21,32}{0,9} = 23,69 \text{кВт};$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі ( $V_m$ ), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких  $V_{км}$  на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8 \div 0,6$ .

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

Вибираємо компресор АУ-45 – об'ємною подачею

$$\Sigma V_m = 128 \frac{M^3}{200} = 0,036 \frac{M^3}{c};$$

10) Дійсна масова витрата:

$$\Sigma M_{(-25)} = \lambda \times \Sigma V_{км(-5)} / v_5 = 0,946 \times 0,036 / 0,36 = 0,0946 \frac{кг}{c};$$

Розрахунок компресора КМЗ.

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{(-10)} \times v_{10} = 0,34 \times 0,437 = 0,149 \frac{M^3}{c};$$

2)  $\lambda = 0,899$ ;

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,149}{0,899} = 0,165 \frac{M^3}{c};$$

4) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(-10)} \times (i_{11} - i_{10}) = 0,34 \times (1552 - 1475) = 26,18 \text{кВт};$$

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w3} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,0025;$$

$$\eta_i = 0,946 + 0,0025 \times (-10) = 0,921;$$

6) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{26,18}{0,921} = 28,43 \text{кВт};$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \times P_{mp} = 0,165 \times 59 = 9,735 \text{кВт};$$

8) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 9,735 + 28,43 = 38,165 \text{кВт};$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

9) Потужність двигуна:

$$N_{об} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{38.165}{0,9} = 42.40 \text{ кВт};$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі ( $V_m$ ), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких  $V_{км}$  на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8 \div 0,6$ .

Вибираємо три компресори АУУ90 – сумарною об'ємною подачею

$$\Sigma V_m = 3 \times 256 = 768 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,21 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

10) Дійсна масова витрата:

$$\Sigma M_{(-10)} = \lambda \times \Sigma V_{км(-10)} / v_{10} = 0,899 \times 0,21 / 0,437 = 0,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.8. Розрахунок та вибір теплообмінних апаратів.

Завдання теплового розрахунку теплообмінних апаратів полягає у визначенні площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено розв'язання рівняння теплопередачі:

$$F = Q / (k \times \Delta t_{cp}), \text{ м}^2$$

### 2.8.1. Розрахунок конденсатора.

Множники, що входять у рівняння теплопередачі, під час розрахунку конденсатора визначаються так:

$$Q = Q_{\kappa} - \text{теплове навантаження конденсатора, кВт;}$$

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{\kappa d} = Q_{om(5)} + N_{i(5)};$$

Дійсну холодопродуктивність компресорів кожної ступені знаходимо із співвідношення:

$$Q_0 = \sum Q_{om} \times \frac{V_{\kappa m}}{V_T};$$

Отже:

$$Q_{\kappa d} = 540 \times \frac{0.21}{0.167} + 29.24 = 708.28 \text{ кВт};$$

$k$  – коефіцієнт теплопередачі конденсатора,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ . Для горизонтальних кожухотрубних конденсаторів, що встановлюються при оборотній системі водопостачання для аміака:  $k=(700 \dots 1000) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ .

Приймаємо  $k=900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ .

На рис. 13.1. показана умовна схема зміни температур холодоагента та охолодного середовища вздовж поверхні теплопередачі.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_{\mu}}{2,3 \ln \frac{\Delta t_{\sigma}}{\Delta t_{\mu}}} = \frac{(38 - 26) - (38 - 31)}{2,3 * \ln \frac{(38 - 26)}{(38 - 31)}} = 5,1^{\circ}\text{C};$$

$$F = Q / (k \times \Delta t_{cp}) = 708.28 \times 10^3 / (900 \times 5,1) = 144.3 \text{ м}^2;$$

Приймаємо 2 конденсатора КТГ-80 площа теплопередаючої поверхні 190 м<sup>2</sup>

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.КР.142.008.007.ПЗ

## 2.8.2 Розрахунок випарників

Потрібна площа тепло передаючої поверхні випарника розраховують за формулою:  $F = Q / (k \times \theta_m^{лог}), м^2$

При розрахунку випарників можна користуватися середньоарифметичним значенням температурного напору, за формулою:

$$\theta_m^{лог} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{2,3 \ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}}$$

### 2.8.2.1 Температура кипіння 5<sup>0</sup>С

$$\theta_m^{лог} = \frac{(12 - 5) - (8 - 5)}{2,3 \ln \frac{12 - 5}{12 - 8}} = 2.053$$

$$F = \frac{21.8}{0.8 \cdot 2.053} = 13.27 м^2$$

Приймаємо аміачний пластинчастий теплообмінник типу ТПА 10-150-1

#### Параметри теплообмінника ТПА 10-150-1:

Площа поверхні пластини, м <sup>2</sup>	0,1
Кількість пластин, шт.	150
Довжина, мм	1534
Ширина, мм	480
Висота, мм	895

### 2.8.2.2 Температура кипіння -5<sup>0</sup>С

$$\theta_m^{лог} = \frac{(2 - (-5)) - (-2 - (-5))}{2,3 \ln \frac{(2 - (-5))}{(-2 - (-5))}} = 2,053$$

$$F = \frac{95}{0.8 \cdot 2,053} = 57.84 м^2$$

Приймаємо аміачний пластинчастий теплообмінник типу ТПА 40-150-1

#### Параметри теплообмінника ТПА 40-150-1:

Площа поверхні пластини, м <sup>2</sup>	0,4
Кількість пластин, шт.	150
Довжина, мм	1200
Ширина, мм	580
Висота, мм	1445

									Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ					

### 2.8.2.3 Температура кипіння -10<sup>0</sup>С

$$\theta_m^{лог} = \frac{(-6 - (-10)) - (-8 - (-10))}{2,3 \ln \frac{(-6 - (-10))}{(-8 - (-10))}} = 1.255$$

$$F = \frac{420.89}{0.75 \cdot 1.255} = 459.1 \text{ м}^2$$

Приймаємо кожухотрубний аміачний випарник **ИТГ-500**

Параметри випарника:

- Площа внутрішньої теплопередаючої поверхні: 480 м<sup>2</sup>
- Внутрішній діаметр кожуха і товщина стінки, мм: 1600x16
- Число труб: 827
- Довжина труб, мм: 6000
- Габаритні розміри, мм:

Довжина – 7355 мм

Ширина – 2715 мм

Висота – 2995 мм

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.9. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

### 2.9.1. Камера зберігання персиків I ( $t_g = 0^\circ\text{C}$ )

Площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника розраховують за формулою  $F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{23.736 \times 10^3}{17.5 \times 6} = 224 \text{ м}^2$ ;

До установки приймаємо три підвісних повітроохолодник ВОП-75 з площею теплопередаючої поверхні  $F=225 \text{ м}^2$ , кількість вентиляторів  $n=2$ , потужність  $N = 0.6 \text{ кВт}$ ; подача повітря  $0,95 \times 2 \times 3 = 5,7 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{не} = \frac{Q_{обл}}{(\rho_{не} \times (i_1 - i_2))}, \text{ м}^3 / \text{с};$$

де  $\rho_{не}$  - густина повітря, яке виходить з повітроохолодника ( визначається за I-d діаграмою).

Температура повітря на вході  $t_{вх} = 1^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = 9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{вих} = -2^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = 5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

$$V_{не} = \frac{23.736}{1,4 \times (9 - 5)} = 4.24 \text{ м}^3 / \text{с};$$

### 2.9.2. Камера зберігання бананів II ( $t_g = 4^\circ\text{C}$ )

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{13.063 \times 10^3}{17.5 \times 6} = 124.4 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо три підвісних повітроохолодник ВОП-50 з площею теплопередаючої поверхні  $F=150 \text{ м}^2$ , кількість вентиляторів  $n=2$ , потужність  $N = 4 \text{ кВт}$ ; подача повітря  $0,6 \times 2 \times 3 = 3,6 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них

вентиляторів.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура повітря на вході  $t_{ex} = 15^{\circ}C$ ,  $i_1 = 36 \frac{кДж}{кг}$ ,  $t_{вих} = 12^{\circ}C$ ,  $i_2 = 29 \frac{кДж}{кг}$ .

$$V_{не} = \frac{13.063}{1,4 \times (36 - 29)} = 1.33 м^3 / с;$$

### 2.9.3. Камера зберігання **яблук** III(1) ( $t_e = 0^{\circ}C$ )

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{56.479 \times 10^3}{17.5 \times 6} = 537.9 м^2;$$

До установки приймаємо чотири підвісних повітроохолодник ВОП-150 з площею теплопередаючої поверхні  $F=600 м^2$ , кількість вентиляторів  $n=2$ , потужність  $N = 4кВт$ ; подача повітря  $2,7 \times 2 \times 4 = 21,6 м^3 / с$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

Температура повітря на вході  $t_{ex} = 1^{\circ}C$ ,  $i_1 = 8 \frac{кДж}{кг}$ ,  $t_{вих} = -2^{\circ}C$ ,  $i_2 = 4 \frac{кДж}{кг}$ .

$$V_{не} = \frac{56.479}{1,4 \times (8 - 4)} = 10.08 м^3 / с;$$

### 2.9.4. Камера зберігання **яблук** III(2) ( $t_e = 0^{\circ}C$ )

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{54.841 \times 10^3}{17.5 \times 6} = 522 м^2;$$

До установки приймаємо чотири підвісних повітроохолодник ВОП-150 з площею теплопередаючої поверхні  $F=600 м^2$ , кількість вентиляторів  $n=2$ , потужність  $N = 4кВт$ ; подача повітря  $2,7 \times 2 \times 4 = 21,6 м^3 / с$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

Температура повітря на вході  $t_{ex} = 1^{\circ}C$ ,  $i_1 = 8 \frac{кДж}{кг}$ ,  $t_{вих} = -2^{\circ}C$ ,  $i_2 = 4 \frac{кДж}{кг}$ .

$$V_{не} = \frac{54.831}{1,4 \times (8 - 4)} = 9.79 м^3 / с;$$

### 2.9.5. Камера зберігання **винограду** IV(1) ( $t_e = -1^{\circ}C$ )

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{41.543 \times 10^3}{17.5 \times 6} = 395.6 м^2;$$

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = 5^{\circ}\text{C}$ ,  $i_1 = 16 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{\text{вих}} = 2^{\circ}\text{C}$ ,  $i_2 = 10 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

$$V_{\text{нв}} = \frac{18.104}{1,4 \times (16 - 10)} = 4.6 \text{ м}^3 / \text{с};$$

2.9.8. Камера зберігання **апелсинів V(2)** ( $t_6 = 4^{\circ}\text{C}$ )

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{23.261 \times 10^3}{17.5 \times 6} = 221.5 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо три підвісних повітроохолодників ВОП-75 з площею теплопередаючої поверхні  $F=225 \text{ м}^2$ , кількість вентиляторів  $n=2$ , потужність  $N = 0.6 \text{ кВт}$ ; подача повітря  $2 \times 0,95 \times 2 = 5,7 \text{ м}^3 / \text{с}$ . Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = 5^{\circ}\text{C}$ ,  $i_1 = 16 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{\text{вих}} = 2^{\circ}\text{C}$ ,  $i_2 = 10 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

$$V_{\text{нв}} = \frac{23.261}{1,4 \times (16 - 10)} = 2.77 \text{ м}^3 / \text{с};$$

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.10. Розрахунок охолодника оборотної води

### Розрахунок градирні

Градирні вибарають по необхідній площі поперечного перерізу

$F_{n.пер.}$  (в  $m^2$ ), яку визначають за ф-ю:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{zp}}{q_F};$$

де  $Q_{zp}$  - теплове навантаження на градирню, кВт;

$q_F$  - питоме теплове навантаження на  $1 m^2$  поперечного перерізу насадки в градирні.

Приймаємо  $q_F = 35 \text{ кВт} / m^2$ ;

$$Q_{zp} = 1,03 \times Q_k = 1,03 \times 708,28 = 729,5 \text{ кВт};$$

Площа поперечного перерізу градирні за ф-ю:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{zp}}{q_F} = \frac{729,5}{35} = 20,84 m^2;$$

За каталогом підбираємо вентиляторну градирню **ГВП-20М** з площею поперечного перерізу  $23 m^2$  та такими характеристиками:

- об'ємна витрата циркулюючої води 1,1 л/с;
- параметри форсунки водорозподілу: діаметр отвору 8 мм;  
кількість – 1 шт.;
- витрата свіжої води 0,011 л/с;
- витрата повітря  $1,14 m^3 / c$ ;
- габаритні розміри: основа 970\*850 мм; висота 1600 мм;
- маса 1305 кг;

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.11. Вибір допоміжного обладнання

### 2.11.1. Розрахунок та вибір ресиверів.

#### Лінійний ресивер.

Ресивером називається посуд для збору рідкого холодильного агента. Лінійний ресивер встановлюється на стороні високого тиску після конденсатора. Він звільнює від рідини поверхню конденсатора і створює рівномірний потік рідкого холодильного агента до регулюючого вентиля.

Лінійні ресивери підбирають по необхідному геометричному внутрішньому об'єму цих ємностей  $V$  (в  $м^3$ ).

Ємність лінійного ресивера в автоматизованих насосоциркуляційних схемах з верхньою подачею аміаку в прилади охолодження:

$$V_{л.р.} = 0,5 \times (V_B + V_{B.O.});$$

$$V_B = 0 м^3; \quad V_{B.O.} = 11 \times 0,061 + 10 \times 0,061 + 9 \times 0,024 + 3 \times 0,0024 = 1,5 м^3;$$

$$V_{л.р.} = 0,5 \times 1,5 = 0,75 м^3;$$

До установки приймаємо лінійний ресивер 0,75 РД об'ємом  $V = 0,77 м^3$ .

#### Циркуляційні ресивери.

Ємність циркуляційних ресиверів РД в системах з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження:

Компаундний циркуляційний ресивер з температурою холодоагенту  $5^\circ C$

$$V_{ц.р.} = \frac{0,5 \cdot (V_{en5} + V_{en-5} + V_{en-10})}{0,3} \times 1,2;$$

$$V_{B.O.} = 11 \times 0,061 + 10 \times 0,061 + 9 \times 0,024 + 3 \times 0,0024 = 1,5 м^3;$$

$$V_{ц.р.} = \frac{0,5 \cdot 1,5}{0,3} \times 1,2 = 3 м^3;$$

Приймаємо ресивер 3,5 РД об'ємом  $V = 3,41 м^3$ .

#### Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -5^\circ C$ ).

$$V_{B.O.} = 4 \cdot 0,061 + 3 \cdot 0,024 = 0,316 м^3;$$

$$V_{ц.р.} = \frac{0,5 \cdot 0,316}{0,3} \times 1,7 = 0,89 м^3;$$

До установки приймаємо циркуляційний ресивер 1,5 РДВ ємністю  $V = 1,4 м^3$ .

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 6.5.4 Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -10^\circ\text{C}$ ).

$$V_{B.O.} = 11 \cdot 0,061 + 6 \cdot 0,061 + 6 \cdot 0,024 = 1,181 \text{ м}^3;$$

$$V_{ч.р.} = \frac{0,5 \cdot 1,181}{0,3} \times 1,7 = 3,32 \text{ м}^3;$$

До установки приймаємо циркуляційний ресивер 3,5РД ємкістю  $V = 3,34 \text{ м}^3$ .

#### 2.11.2. Підбір масловіддільників масло збірників і віддільників рідини.

##### 7.1. Розрахунок віддільників рідини:

Віддільники рідини підбираються за діаметром всмоктувальних патрубків компресорів:

Для компресорів високого ступеню приймаємо віддільники рідини ОЖ 70 з

$$d_y = 65 \text{ мм}$$

Для компресорів низьких ступенів приймаємо віддільники рідини ОЖ 100 з

$$d_y = 100 \text{ мм}$$

##### 7.2. Розрахунок масловіддільників:

Масловіддільники підбирають за нагнітальним патрубком компресора:

Для компресорів високого ступеню приймаємо масловіддільники 50ОМ з

$$d_y = 50 \text{ мм}$$

Для компресорів низьких ступенів приймаємо масловіддільники 50ОМ з

$$d_y = 50 \text{ мм}$$

##### 7.2. Розрахунок маслзбірників:

Встановлюємо 3 маслзбірника 60МЗС місткістю 60л.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**2.12. Визначення аеродинамічних втрат у повітроводах та гідравлічних втрат у трубопроводах.**

2.12.1. Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Окремі частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times M}{\pi \times \rho \times \omega}};$$

Розрахункові швидкості  $\omega$  – наведені в табл. 16.3. Явнель (с. 151)

1) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -10^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,34 \text{ кг/с}; \rho = 1/v_1 = 1/0,437 = 2,28 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,34}{\pi \times 2,28 \times 15}} = 0,113 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 125 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,34 \text{ кг/с}; \rho = 1/v_2 = 1/0,111 = 9 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,34}{\pi \times 9 \times 20}} = 0,49 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 50 \text{ мм}$ ;

2) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -5^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,077 \text{ кг/с}; \rho = 1/v_3 = 1/0,36 = 2,78 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,077}{\pi \times 2,78 \times 15}} = 0,048 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 50 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,077 \text{ кг/с}; \rho = 1/v_6 = 1/0,271 = 3,69 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,077}{\pi \times 3,69 \times 20}} = 0,036 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 40 \text{ мм}$ ;

3) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = 5^\circ\text{C}$ .

$$M = 0,52 \text{ кг/с}; \rho = 1/v_{10} = 1/0,437 = 2,28 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,52}{\pi \times 2,28 \times 15}} = 0,139 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 140 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,52 \text{ кг/с}; \rho = 1/v_{11} = 1/0,28 = 3,57 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,52}{\pi \times 3,57 \times 20}} = 0,096 \text{ м};$$

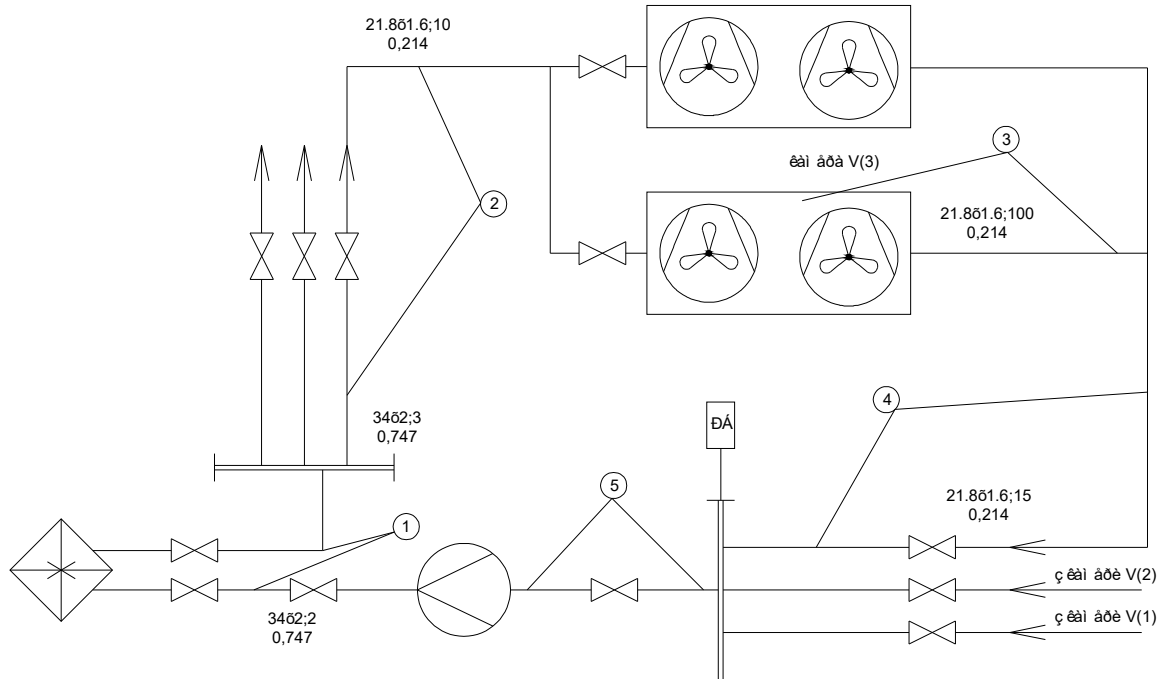
Приймаємо трубу  $d_y = 100 \text{ мм}$ ;

					00.KP.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.12.2 Визначення гідравлічних втрат в трубопроводах

Визначаємо гідравлічні втрати гліколевій гілці, яка призначена для охолодження камери зберігання апельсинів V(3).

Складемо загальну схему гліколевих трубопроводів.



Обираємо головне циркуляційне кільце. Зазвичай це кільце включає в себе найбільш віддалену батарею або камеру з найбільшою довжиною труб. В нашій схемі це кільце включає в себе повітроохолодники камери №V(3).

Оскільки в камері №V(3) знаходяться два повітроохолодника, які включені паралельно між точками А і Б, в циркуляційне кільце включаємо тільки ділянку з повітроохолодником який має більшу довжину траси, а відповідно і більшим опором. Таким чином, головне циркуляційне кільце в нашому випадку складається напірної магістралі з випарником та запірної арматури (ділянка №1), напірної лінії від напірного колектора до камери №V(3) (ділянка №2), одного повітроохолодника з підвідним трубопроводом (ділянка №3), зворотної лінії з камери (ділянка №4), всмоктувальної магістралі від міста

приєднання розширювального бачка до всмоктувального патрубку насоса (ділянка №5).

У відповідності до визначеного навантаження на камерне обладнання знаходимо витрату гліколю і діаметр трубопроводів на окремих ділянках головного циркуляційного контуру.

Об'ємна витрата розсолу через камери:

$$V_{V(1)} = \frac{Q_{V(1)}}{\rho_s c_s \Delta t} = \frac{1,69}{1,020 \cdot 10^3 \cdot 3,87 \cdot 2} = 0,214 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 0,214 \text{ л} / \text{с};$$

$$V_{V(2)} = \frac{2,52}{1,020 \cdot 10^3 \cdot 3,87 \cdot 2} = 0,319 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 0,319 \text{ л} / \text{с};$$

$$V_{V(3)} = \frac{1,69}{1,020 \cdot 10^3 \cdot 3,87 \cdot 2} = 0,214 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 0,214 \text{ л} / \text{с};$$

Загальна витрата розсолу в системі:  $\sum V = 0,214 + 0,319 + 0,214 = 0,747 \text{ л} / \text{с}$ .

Визначаємо діаметр трубопроводів, головна магістраль від всмоктувального колектора до напірного колектора:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,747 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,9}} = 0,0325 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу  $d_y = 32 \text{ мм}$

Трубопровід до повітроохолодника:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,214 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,9}} = 0,0174 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу  $d_y = 20 \text{ мм}$

Нумеруємо ділянки на схемі і проставляємо на них діаметр і довжину трубопроводу, а також витрату рідини через ділянку.

Визначаємо втрату тиску в головному циркуляційному контурі.

Втрати тиску на ділянці №1: трубопровід загальною довжиною 8 м; місцеві опори – 3 вентиля; 8 колін під кутом  $90^\circ$ ; 1 випарник.

Знаходимо швидкість руху гліколю в трубопроводі:

$$\omega = \frac{V}{f_{\text{тр}}} = \frac{0,747 \cdot 10^{-3}}{0,91 \cdot 10^{-3}} = 0,82 \text{ л} / \text{с}$$

Визначаємо динамічний тиск:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.007.ПЗ				

$$\frac{\rho\omega^2}{2} = \frac{1020 \cdot 0.82^2}{2} = 342 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2)$$

Розрахуємо число Рейнольда за формулою:

$$\text{Re} = \frac{\omega d_{\text{вн}} \rho}{\mu} = \frac{0.82 \cdot 0.034 \cdot 1024 \cdot 10^3}{4} = 7137$$

Визначаємо коефіцієнт тертя за формулою:

$$\lambda_{\text{мп}} = 0.11 \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0.25} = 0.11 \left( \frac{0.5}{34} + \frac{64}{7137} \right)^{0.25} = 0.043$$

Втрати тиску від тертя на довжині 1 м

$$\Delta p_{\text{мп}} = R = \frac{0.043}{0.034} 342 \cdot 1 = 432 \text{ Па/м}$$

Втрати тиску на ділянці довжиною  $l = 8 \text{ м}$

$$\Delta p_{\text{мп}} = Rl = 432 \cdot 8 = 3.456 \text{ кПа}$$

Втрати тиску в місцевих опорах

$$Z = (3 \cdot 0.5 + 8 \cdot 1 + 1 \cdot 8) 432 = 17.5 \cdot 432 = 7.560 \text{ кПа}$$

Загальні втрати на ділянці №1

$$\Delta p = \Delta p_{\text{мп}} + Z = 3.456 + 7.560 = 11,016 \text{ кПа}$$

Аналогічно визначаємо втрати тиску на інших ділянках.

Результати розрахунку заносимо до таблиці

№ діл.	V, л/с	d <sub>вн</sub> , м	l, м	ω, м/с	$\frac{\rho\omega^2}{2}$ , Па	Re	λ <sub>тр</sub>	$\frac{\lambda_{\text{мп}}}{d}$ , м <sup>-1</sup>	R, Па/м	Rl, кПа	Σζ <sub>м</sub>	Z, кПа	(Rl+Z), кПа
1	0,747	0,034	8	0,82	342	7137	0,043	1,26	432	3,456	17,5	7,560	11,016
2	0,214	0,0218	10	0,578	171	3228	0,241	2,29	393	3930	2,5	0,428	4,358
3	0,214	0,0218	100	0,578	171	3228	0,05	2,29	393	3930	25,22	4,32	43,62
5	0,747	0,034	15	0,82	342	7137	0,043	1,26	432	6,567	4,5	1,55	8,2

Загальні втрати тиску в циркуляційному контурі  $\Delta p = \Sigma(Rl + Z) = 67.2 \text{ кПа}$

					00.KP.142.008.007.ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### Підбір насосу для гліколю

Підберемо центробіжний насос для перекачки гліколю, розрахункова подача 0,747 л/с

$$\text{Розрахунковий напір: } \frac{\sum \Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{67.2 \cdot 10^3}{1024 \cdot 9.81} = 6.69 \text{ м}$$

Підбір насосу згідно таблиці 16.7[1]

З таблиці видно, що з наявних насосів типу К найбільш підходящим і найбільш близьким по потрібним параметрам є насос марки К8/18б при частоті обертання валу  $48,33 \text{ с}^{-1}$  (2900 об/хв).

### Підбір аміачного насоса.

В насосно-циркуляційних схемах установок для перекачування рідкого аміаку використовують герметичні електронасоси. Насос встановлюється якомога ближче до циркуляційного ресивера. Щоб не відбулося википання рідини, необхідно мати надлишковий тиск на вході в насос по відношенню до тиску в циркуляційному ресивері.

Насос для перекачування рідин підбирають по двох основним параметрам: Подачі  $V$  ( $\text{м}^3 / \text{с}$ ) та повному тиску  $P$  (в Па), утворюючому насосу.

$$H = \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \cdot g}; \text{ - Потрібний напір насоса (м);}$$

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}}}{\rho}; \text{ - Потрібна подача насоса (} \text{м}^3 / \text{год});$$

де,  $n_{\text{ц}}$  - кратність циркуляції ;

$$n_{\text{ц}} = 6$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-10^{\circ}\text{C}$  .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{1583.62}{690,1 \cdot 9,81} = 0,75 \text{ м};$$

Арк.

00.КР.142.008.007.ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Потрібна подача насоса:

$$V = n_u \cdot \frac{\sum M_{км(-10)}}{\rho_{-10}} = 6 \cdot \frac{0,21}{690,1} = 0,00478 м^3 / с = 17,208 м^3 / год$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки ЦНГ 68.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

Основним техніко-економічним показником виробництва є собівартість одиниці холоду.

#### 3.1 Визначення кількості виробленого холоду:

$$Q = \sum Q_{\text{роб}} \cdot K_{\text{п}}, \text{ де}$$

$K_{\text{п}}$  – перевідний коефіцієнт, що враховує нерівноцінність витрат на виробництво холоду при різних температурах кипіння (для  $-10^{\circ}\text{C}$  становить 0,94; для  $-5^{\circ}\text{C}$  та  $5^{\circ}\text{C}$  – 0,58);

$Q_{\text{роб}}$  – виробництво холоду при робочих умовах:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{k \cdot Q_0 \cdot n}{4,187}, \text{ де}$$

$k$  – коефіцієнт, що враховує втрати у трубопроводах;

$n$  – час роботи компресора (приймаємо по табл. 16.2, Свердлов, Явнель);

Для температури  $-10^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1.12 \cdot 420890}{4,187} = 112580 \text{ кВт}$$

Для температури  $-5^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_{\text{роб}} = \frac{23 \cdot 94990}{4,187} = 796645 \text{ кВт}$$

Для температури  $5^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_{\text{роб}} = \frac{365 \cdot 21800}{4,187} = 181687 \text{ кВт}$$

$$Q = 0.94 \times 112580 + 0.58 \times 796645 + 0.58 \times 181687 = 1007875 \text{ кВт}$$

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іванов М.В.</i>			Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
					<i>НУХТ. ННІТІ. ТЕХТ</i>			

### 3.2. Визначення витрат на електроенергію:

Розраховують витрати на електроенергію для приводу компресорів, насосів та вентиляторів. Маємо двигуни 7 компресорів, що споживають разом 281.96 кВт; 1 насос для проміжного теплонсія з двигуном потужністю 10,5 кВт;

насоси оборотної води 66 кВт, двигуни вентиляторів на повітроохолодниках потужність 9,0кВт. Час роботи  $n$  у годинах: компресори – 5400; вентилятори – 3000; водяні насоси– 3000.

Річне споживання електроенергії становитиме:

$$W = \sum N_e \cdot K_c \cdot n = 0.7 \cdot (1007100 + 231000 + 27000) = 855570 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість 1 кВт · год електроенергії складає 5,7 грн, отже витрати на електроенергію становитимуть 4876749 грн за рік.

### Визначення витрат на воду:

Приймаємо, що об'єм підживлення системи становить 4% на одиницю холоду. Отже, кількість льодяної води становитиме:

$$19538 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Вартість 1 м<sup>3</sup> води складає 5грн, отже витрати на воду становитимуть 97690 грн за рік.

### Визначення витрат на поповнення системи холодильним агентом:

Норма витрати аміаку на поповнення системи на 1 кВт холодопродуктивності при безпосередньому охолодженні за рік складає 0,1 кг. За сумарної холодопродуктивності 537 кВт витрата аміаку складатиме 53.7 кг.

Вартість 1 кг аміаку складає 170грн, отже витрати на поповнення системи холодильним агентом становитимуть 9129грн за рік.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Визначення витрат на мастило:

Винос мастила для поршневих компресорів складає  $0,01 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ , для. Маємо 6 поршневих компресорів по 8 циліндрів та 1 – по 4 циліндри.

За рік винос мастила складатиме: 912 кг.

Вартість 1 кг мастила складає 200 грн, отже витрати на поповнення системи мастилом становитимуть 182400 грн за рік.

### Визначення витрат на заробітну платню:

За нормативами приймаємо таку кількість працюючих: 2 механіка, 2 машиніста та 3 слюсаря.

Фонд основної заробітної платні апарату управління та виробничого персоналу:

№	Посада	Розряд	Тарифна ставка, грн	Чисельність, чол.	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Механік	–	22800	2	55600	667200
2	Машиніст	III	32700	1	32700	392400
3	Машиніст	IV	35000	1	35000	420000
4	Слюсар	–	17500	3	52500	630000
<b>Разом</b>				<b>7</b>	<b>175800</b>	<b>2109600</b>

Отже, фонд оплати праці становитиме 2109600 грн за рік.

Додатковий фонд заробітної платні приймається як 8% від основного (168768 грн).

Нарахування на заробітну платню приймають у розмірі 37,18% від основної та додаткової (62747 грн).

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

Загальні витрати на оплату праці будуть дорівнювати сумі основно, допоміжного фондів та нарахувань (2341115грн).

### **Визначення амортизаційних відрахувань:**

Для учбового проекту холодильника вартість будівлі з обладнанням визначається за величиною капітальних витрат на 1 т місткості (20000 грн). Загальна вартість будівлі з обладнанням холодильника на 2500 т складатиме 50000000 грн.

Розподіл вартості між обладнанням та будівлею орієнтовно приймаємо як 1/3,5. Отже, вартість обладнання становитиме 14.2 млн грн, а вартість будівлі становитиме 35.8 млн грн.

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості. Приймаємо норми амортизаційних відрахувань: для основного обладнання – 21,925% від вартості обладнання; для будівель – 7,763% від вартості будівель.

Отже, витрати на амортизацію для будівель складатимуть 2779150грн, для обладнання – 311335грн, загальна сума амортизаційних витрат – 3090485 грн.

### **Визначення інших видів витрат:**

До цих витрат належать пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо у розмірі 20% від амортизаційних витрат на обладнання: 62271 грн.

Пускові витрати приймаємо у розмірі 1% від вартості обладнання: 142000 грн.

Інші витрати приймаємо у розмірі 3% від загальної суми амортизаційних витрат: 54 800 грн.

Загальна сума інших витрат складає 927140 грн.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Сумарні витрати: 1186211грн:**

<b>Стаття витрат</b>	<b>Одиниця виміру</b>	<b>Ціна за одиницю, грн</b>	<b>Кількість на одиницю холоду</b>	<b>Сума на одиницю холоду, грн</b>
<b>Електроенергія</b>	кВт · год	5,7	0,63	3,51
<b>Вода</b>	м <sup>3</sup>	5	20*10 <sup>-3</sup>	0,1
<b>аміак</b>	кг	160	10 <sup>-4</sup>	0,03
<b>Мастило</b>	кг	280	2*10 <sup>-4</sup>	0,18
<b>Заробітна платня</b>	грн	-	-	2.46
<b>Амортизація</b>	грн	—	—	1,12
<b>Інші витрати</b>	грн	—	—	0,19
<b>Всього</b>				<b>8,59</b>

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. Охорона праці

### Шум на виробництві

Одним із найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється шум. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втрати, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Все це є однією із причин збільшення економічних втрат.

В останній час спостерігається тенденція до постійного збільшення шуму на виробництві внаслідок зростання потужностей технологічного обладнання. Тому одним із найважливіших народногосподарських завдань є боротьба з шумом.

Шум - це будь-який небажаний звук, який наносить шкоду здоров'ю людини, знижує його працездатність, а також може сприяти отриманню травми в наслідок зниження сприйняття попереджувальних сигналів.

#### *Дія шуму на людину*

Шум один з основних факторів, що негативно впливає на людей у сучасних містах і на виробництві. Збільшення потужності устаткування, насиченість виробництва високошвидкісними механізмами, різке збільшення транспортного потоку приводить до збільшення рівня шуму як у побуті так і на виробництві.

Шкідливий вплив шуму на організм людини досить різноманітний. Реакція і сприйняття шуму людиною залежить від багатьох факторів; рівня інтенсивності, частоти (спектрального складу), тривалості дії, тимчасових параметрів звукових сигналів, стану організму.

Тривалий вплив інтенсивного шуму (вище 80 дБА) на слух приводить до його часткової або повної втрати. Скрізь волокна слухових нервів роздратування шумом передається в центральну і вегетативну нервові системи, а через них впливає на внутрішні органи, приводячи до значних змін у функціональному стані організму, впливає на психічний стан людини.

Причому вплив шуму на нервову систему виявляється навіть при, невеликих рівнях звуку (30..70 дБА).

					<b>00.KP.142.008.007.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проект холодильника для зберігання фруктів місткістю 2500 тон у м. Луцьк</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іванов М.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		

Працюючи в умовах тривалого шумового впливу випробують зниження пам'яті, запаморочення, підвищену стомлюваність, дратівливість і ін. До об'єктивних симптомів шумової хвороби відносяться: зниження слухової, чутливості, зміна функцій травлення, що виражається в порушенні кислотно-лужного балансу шлунку, серцево-судинна недостатність, нейроендокринового розладу. Відмічаються порушення зорового та у вестибулярному апараті.

### *Класифікація шумів*

За часовими характеристиками шуми поділяють на, постійні і непостійні. Постійними вважають шуми, у яких рівень звуку протягом робочого дня змінюється не більше ніж на 5 дБА. Непостійні шуми поділяються на переривчасті, з коливанням у часі, та імпульсні. При переривчастому шумі рівень звуку може різко падати до фонового рівня, а довжина інтервалів, коли рівень залишається постійним і перевищує фоновий рівень, досягає 1 с та більше. При шумі з коливаннями у часі рівень звуку безперервну змінюється у часі. До імпульсних відносять шуми у вигляді окремих звукових сигналів тривалістю менше 1 с кожний, що сприймаються людським вухом, як окремі удари.

За характеристиками спектру шум поділяється на *широкосмуговий* з безперервним спектром шириною більше однієї октави і *тональний*, в спектрі якого є виражені дискретні тони.

### *Основні фізичні характеристики акустичного (звукового) поля*

Звук обумовлюється механічними коливаннями в пружних середовищах і тілах, частоти яких лежать в діапазоні 16...20 000 Гц, які спроможне сприймати людське вухо. Механічні коливання з такими частотами називаються звуковими, або акустичними. Нечутні механічні коливання з частотами нижче звукового діапазону (16 Гц) називають інфразвуковими, а з частотами вище звукового діапазону (20 000 Гц) - ультразвуковими.

Звук, коли його джерело здійснює гармонічні коливання, називається тоном. Величина тону визначається амплітудою коливань, а висота тону - частотою коливань. Шумові коливання складаються із величезної кількості гармонічних коливань з різними частотами.

Звукове поле - це простір, в якому поширюються звукові хвилі.

В звукових хвилях рух частинок поширюється вздовж напрямку поширення хвилі. Таким чином виникає ряд згущень і розріджень.

					00.КР.142.008.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звуковий тиск - це різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі при наявності звуку та середнім тиском, який спостерігається в цьому середовищі при відсутності звуку.

Швидкість звуку  $C_r$  в газовому середовищі визначається з виразу, м/с:

$$C_r = \sqrt{\frac{K p_{cm}}{\rho}},$$

де  $K$  - показник адиабати;  $p_{cm}$  - тиск повітря, Па;  $\rho$  - густина повітря, кг/м<sup>3</sup>.

Швидкість звуку залежить також від властивостей середовища. В повітрі при температурі 20°C і нормальному атмосферному тиску (760 мм.рт.ст.) швидкість звуку дорівнює 344 м/с, у воді - приблизно 433 м/с.

Рух звукової хвилі супроводжується переносом енергії, яка характеризується інтенсивністю звуку.

Інтенсивність звуку  $I$  - це середній потік енергії в будь-якій точці середовища за одиницю часу, віднесений до одиниці площі поверхні, нормальної до напрямку розповсюдження хвилі.

Інтенсивність звуку  $I$  у вільному звуковому полі пов'язана із звуковим тиском залежністю, Вт/м:

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

де  $p$  - середньоквадратичне значення звукового тиску, Па;  $\rho c$  - питомий акустичний опір середовища (для повітря  $\rho c = 444$  Нс/м<sup>3</sup>, для води -  $1,4 \dots 10^6$  Нс/м<sup>3</sup>).

Інтенсивність звуку змінюється в межах  $10 \dots 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, звуковий тиск - в межах  $2 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Також встановлено, що вухо людини реагує пропорційно логарифму відносної зміни інтенсивності або звукового тиску. Враховуючи це, були введені логарифмічні величини рівня інтенсивності і звукового тиску, які виражаються в децибелах (дБ).

Рівень інтенсивності звуку  $L_i$  визначається за формулою, дБ:

$$L_i = 10 \cdot \lg(I / I_0),$$

де  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> - порогова величина інтенсивності.

Порогова величина інтенсивності наближено відповідає інтенсивності звуку, який тільки чути (пороговий звук) в частотній області найбільшої чуттєвості вуха людини (1000 Гц).

Рівень звукового тиску,  $L$  визначають за формулою, дБ:

$$L = 20 \cdot \lg(p / p_0),$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ					

де  $p_0=2 \cdot 10^{-5}$  Па - пороговий звуковий тиск, який відповідає пороговій інтенсивності звуку.

Користуватись рівнем звукового тиску зручно, тому що весь великий діапазон звуків, які чути, вкладається менше ніж в 130 дБ. Це дозволяє при оцінці різних шумів користуватись цілими числами, оскільки зміни рівня, менше ніж на 1дБ, практично не помітні на слух.

При рівні звукового тиску близько 130 дБ нормальне звукове сприйняття поступається місцем відчуттю фізичного болю у вусі і може призвести до розриву барабанної перетинки.

Розглянемо розповсюдження звуку у вільному звуковому полі. Звукове поле називається вільним, якщо в ньому немає відбиваючих звук огорожень. Інтенсивність звуку, яка створюється джерелом у вільному полі, можна визначити за формулою, Вт/м:

$$I_{cp} = \frac{N}{\omega r^2},$$

де  $N$  - звукова потужність, Вт;  $\omega$  - просторовий кут випромінення, стерadian;  $r$  - відстань від джерела до точки розрахунку, м.

Кут випромінення  $\omega$  залежить від розташування джерела шуму. Якщо джерело випромінює шум у всі сторони простору, то  $\omega = 4\pi$ .

Джерела шуму випромінюють звукову енергію нерівномірно. Ця нерівномірність враховується фактором спрямованості:

$$\Phi = I / I_{cp} = p^2 / p_{cp}^2,$$

де  $I$  - інтенсивність звуку в заданому напрямку на відстані  $r$  від джерела шуму, Вт/м<sup>2</sup>;  $I_{cp}$  - інтенсивність звуку, усереднена по всіх напрямках на відстані  $r$  від джерела шуму, Вт/м<sup>2</sup>.

Нерівномірність випромінення джерела звуку в різних напрямках можна виразити також показником направленості:

$$PH = 10 \lg \Phi = 20 \lg(p / p_{cp}) = L - L_{cp},$$

де  $L$  - рівень звукового тиску, виміряний у даному напрямку на відстані  $r$  від джерела шуму, дБ;  $L_{cp}$  - усереднений по всіх напрямках рівень звукового тиску на відстані  $r$  від джерела шуму, дБ.

При попаданні в розрахункову точку шуму від кількох джерел інтенсивність визначається додаванням інтенсивностей звуку, Вт/м<sup>2</sup>:

$$I_{заг} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n,$$

Загальний рівень звукового тиску, який створюється багатьма джерелами шуму, визначається за формулою, дБ:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ					



## Допустимі рівні шуму

Таблиця 4.1

Робочі місця	Рівні звукового тиску дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення конструкторських бюро, розрахункових, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних робіт і обробки експериментальних даних, прийому хворих у медичних пунктах	82	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення та ділянки точного збирання, машинописні бюро	86	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Приміщення лабораторій для проведення експериментальних робіт, приміщення для розташування шумних агрегатів обчислювальних машин	98	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях	103	99	92	86	83	80	78	76	74	85

### *Нормування та вимірювання рівнів шуму*

Основна ціль нормування шуму на робочих місцях-встановлення допустимих рівнів шуму, які при щоденному впливі протягом всього робочого дня і протягом багатьох років не можуть викликати суттєвих захворювань організму людини і не заважають його нормальній трудовій діяльності.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности". Цей стандарт

					<i>00.KP.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також встановлює класифікацію шуму, вимоги до шумових характеристик і до захисту від шуму на робочих місцях.

Застосовують два методи нормування шуму:

- за граничним спектром, дБ;
- інтегрального показника рівня звуку, дБА.

Метод *нормування за граничним спектром* застосовують при нормуванні постійних шумів. При цьому нормують рівні звукового тиску (РЗТ) в октавних смугах із середньгеометричними частотами. Октавою називається смуга частот, в якій верхня гранична частота  $f_v$  в два рази більше нижньої  $f_n$ , тобто  $f_v=2f_n$ . Середня частота октавної смуги визначається як середньгеометричне із значень граничних частот

$$f_{cp} = \sqrt{f_n \cdot f_v} = \sqrt{2f_n} = 1,4f_n$$

Сукупність нормативних РЗТ для дев'яти октавних смуг називають граничним спектром. Для різних робочих місць в залежності від характеру трудової діяльності приймають різні значення граничного спектру (ГС). Наприклад, ГС = 80. Цифра 80 означає допустимий РЗТ в октавній смузі з середньгеометричною частотою 1000 Гц.

Другий метод - *нормування інтегрального* (по всьому діапазону частот) рівня шуму, виміряного за шкалою А шумоміра. Цей показник називають рівнем звуку (РЗ) і вимірюють в дБА. Шкала А шумоміра використовується для оцінки постійного та непостійного шуму, що відповідають приблизно лініям рівної гучності (рис. 17.1). Рівень звуку пов'язаний із граничним спектром залежністю:  $L=ГС+5$  дБ, дБА.

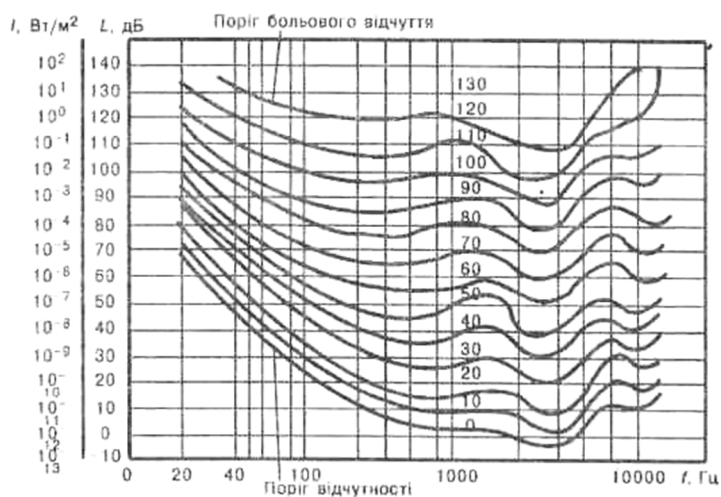


Рис. 4.1. Криві рівної гучності

Звуковий тиск та інтенсивність звуку є характеристиками звукового поля у визначеній точці простору і не характеризують безпосередньо джерело шуму. Характеристикою безпосередньо джерела шуму є його звукова потужність.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.007.ПЗ				

Звукова потужність джерела - це загальна кількість звукової енергії, яка випромінюється джерелом шуму в оточуючий простір за одиницю часу. Рівень звукової потужності  $L_N$  визначається за формулою, дБ:

$$L_N = 10 \lg(N / N_0),$$

де  $N$  - звукова потужність джерела, Вт;  $N_0 = 10^{-12}$  Вт - величина звукової потужності.

Для визначення шумових характеристик технологічного обладнання можна використовувати чотири методи:

I - метод вільного звукового поля, який застосовується в заглушених камерах, в приміщеннях із великим звукопоглинанням чи у відкритому просторі.

II - метод відбитого звукового поля, який застосовується в ревербераційних камерах чи у приміщеннях із великим відбиттям звуку.

III - метод зразкового джерела шуму, який можна застосовувати у звичайних приміщеннях та цехах.

IV - метод вимірювання шумових характеристик на відстані 1,0 м від зовнішнього контуру машини, який застосовується в заглушених камерах, у приміщеннях із великим звукопоглинанням або у відкритому просторі.

Метод визначення шумових характеристик обладнання і машин вказаний в технічній документації.

### *Нормування ультразвуку та інфразвуку*

Допустимі рівні ультразвуку у зонах контакту рук та інших частин тіла оператора з робочими органами приладів та установок не повинні перевищувати 110 дБ.

У відповідності з СН 22-74-80 рівні звукового тиску інфразвуку в октавних смугах з середньгеометричними частотами 2; 4; 8 та 16 не повинні перевищувати 105 дБ.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях низькочастотних звукових коливань, що поширюються повітряним шляхом, не повинні перевищувати таких значень (ГОСТ 12.1.001-83):

Середньгеометричні частоти триоктавних смуг, кГц	Рівень звукового тиску, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5..100	110

					<i>00.KP.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Захист від шумів

Захист від шуму повинне здійснюватися розробкою шумобезпечної техніки, використанням методів та засобів колективного захисту та засобами індивідуального захисту. Питання боротьби з шумом слід починати вирішувати ще проектуванні підприємства, робочого місця, устаткування. Для цього використовуються організаційні, технічні та медично-профілактичні заходи. До організаційних заходів відносяться раціональне розташування виробничих ділянок, устаткування та робочих місць, постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників, обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам. Технічні заходи дають змогу значно зменшити вплив шуму, на працівників і поділяються на заходи що використовуються: в джерелі виникнення (конструктивні та технологічні), на шляху розповсюдження (звукоізоляція, звукопоглинання, глушники шуму, звукоізоляційні укриття), в зоні сприйняття (засоби колективного та індивідуального захисту). Для зниження шуму необхідно насамперед використовувати конструктивні та технологічні методи, які в свою чергу залежать від походження» звуку, конструктивних особливостей обладнання.

Надзвичайно ефективним методом зниження шуму в джерелі його виникнення в деяких випадках може стати зміна технології, наприклад, за допомогою заміни і ударних взаємодій без ударними (заміна клепання зварюванням, кування штампуванням літерний метод друку - лазерним тощо). При конструюванні механічного обладнання в першу чергу слід намагатися зменшити рівень коливань конструкції або її елементів, що створюють шум.

Для зниження шуму механічного походження в вузлах, в яких здійснюються ударні процеси необхідно зменшити сили збурення, збільшити час контакту елементів, що взаємодіють між собою, збільшити внутрішні утрати в системах що коливаються, зменшити площу випромінювання звуку.

Практично це досягається:

- заміною зворотні - поступального переміщення обертовим;
- підвищенням якості балансування обертових деталей;
- підвищенням класу точності виготовлення деталей;
- поліпшенням змащування;
- заміною підшипників кочення на підшипники ковзання;
- використанням негучних матеріали (наприклад, пластмаси);
- використанням вібродемпфуючих матеріалів (мастики);
- здійснюванням віброізоляції машин від фундаменту;

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.007.ПЗ					



рівні звукового тиску на 7—45 дБ. Вони розподіляються на вкладиші у вигляді тампонів, які встромляються у слуховий канал; протишумові навушники, які закривають вушну раковину зовні; шлеми та каски. Наприклад, для зниження середньо- та високочастотних доцільно використовувати навушники типу ВЦННІОТ-2м, або вкладиші типу «Беруши» або типу «Грибок».

### *Захист від ультра- та інфразвуку*

Ультразвук широко застосовують в техніці для диспергування рідин, очищення частин, зварювання пластмас, дефектоскопії металів, очищенні, газів від шкідливих домішок тощо.

У техніці застосовують звукові хвилі частотою вище 11,2 кГц, тобто захоплюється частина діапазону відчутних для людини звуків. На організм людини ультразвук впливає, головним чином, при безпосередньому контакті з обладнанням що генерує ультразвук, а також через повітря; При дотриманні заходів безпеки робота з ультразвуком на стані здоров'я не позначається. Допустимі рівні звукового тиску ультразвуку нормовані ДСН 3.3.6.037199 (таблиця 4.3 ) і складають при восьмигодинному робочому дні:

Таблиця 4.3

Середньогеометрична частота октавних смуг, кГц	16	31,5	63 та вище
Допустимі рівні тиску, дБ	88	106	110

Для зниження шкідливого впливу підвищених рівнів ультразвуку зменшують шкідливе випромінювання звукової енергії у джерелі, локалізують дію ультразвуку за допомогою конструктивних та планувальних рішень, здійснюють організаційно-профілактичні заходи.

Зменшення шкідливого випромінювання у джерелі досягається підвищенням номінальних робочих частот джерел ультразвуку та виключення паразитного випромінювання звукової енергії. Для локалізації ультразвуку конструктивним та планувальним рішеннями використовують звукоізолюючі кожухи, напівкожухи, екрани; окремі приміщення та кабінки, де розміщують ультразвукове обладнання; блокування, що відключає генератор ультразвуку у разі порушення звукоізоляції; дистанційне керування; облицювання приміщень та кабін звукопоглинальними матеріалами. Організаційно-профілактичні заходи включають інструктаж про характер дії підвищених рівнів ультразвуку та про засоби захисту від нього, а також організацію раціонального режиму праці та відпочинку.



яких безпосередньо вимірюють еквівалентний рівень звуку. Вимірювання шуму можна також здійснювати за допомогою сучасних комп'ютерів. Вимірювання шуму проводиться на постійних робочих місцях у приміщеннях, на території підприємств, на промислових спорудах та машинах (в кабінах, на пультах управління і т. п.). Результати вимірювань повинні характеризувати шумовий вплив за час робочої зміни (робочого дня).

Для вимірювання рівнів звукового тиску і рівнів звуку використовують таку апаратуру: вимірювач шуму та вібрації ШВ-1; шумомір типу Ш-71 з октавними фільтрами ОФ-5 і ОФ-6; шумомір PS 1-202 з октавними фільтрами OF-101 фірми RET (Німеччина); шумоміри типу 2203, 2209 з октавними фільтрами типу 1613 фірми "Брюль і К'єр" (Данія).

В шумомірі звук, який приймається мікрофоном, перетворюється в електричні коливання, які посилюються, проходячи через коректуючі фільтри і випрямник, а потім реєструється стрілковим або самописним приладом.

1-й клас - цехи, де шум перевищує допустимі рівні на всіх робочих місцях.

2-й клас - цехи, де шум перевищує допустимі рівні на деяких робочих місцях.

3-й клас - цехи, де найбільш шумне обладнання працює періодично.

4-й клас - цехи, де шум не перевищує допустимих рівнів (кишковий та інші).

На підприємствах харчової промисловості вимірювання рівнів шуму на робочих місцях повинні проводитися не рідше 1 разу на рік.

					<i>00.КР.142.008.007.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

