

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему Проект холодильника для зберігання мороженої риби місткістю 2500 тонн для м. Одеси**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача

Іванова Д.С.

(прізвище, ініціали)

4

курсу ЕН-141 групи

Керівник

доц. Подмазко О.С.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ХУ і КП Подмазко О.С.

доц. каф. ХУ і КП Піщанська Н.О.

(посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 01.06.23 р, протокол № 10

Завідувач кафедри ХУ і КП

(назва кафедри)

(підпис)

Михайло ХМЕЛЬНЮК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Низькотемпературної техніки та інженерної механіки</u>
Кафедра	<u>Холодильних установок і кондиціонування повітря</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u>
Спеціальність	<u>142 «Енергетичне машинобудування»</u>
Освітня програма	<u>Енергомашинобудування</u>

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«17» березня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Іванова Дениса Сергійовича

1. Тема роботи Проект холодильника для зберігання мороженої риби місткістю 2500 тонн для м. Одеси  
Затверджена наказом університету від 26.08.2022 р. наказ № 490-03
2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2023 р.
3. Вихідні дані роботи: м. Одеса; місткість холодильника 2500 тон; розрахункова літня температура 32 °С; 4 холодильні камери  $t_{\text{кам}} = -25$  °С, температура конденсації  $t_{\text{к}} = 35$  °С; використати вертикальні водяні конденсатори; холодильний агент – аміак.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; розрахунок теплоізоляції; розрахунок тепло припливів; розрахунок і вибір основного і допоміжного обладнання; розрахунок конденсатора та повітроохолоджувача; дослідження щільності теплового потоку в конденсаторі; розрахунок трубопроводів; підбір допоміжного устаткування; цивільний захист; охорона праці; техніко-економічний розрахунок; специфікації; список використаної літератури
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план та розрізи холодильника; апаратне та конденсаторне відділення; конденсатор; повітря охолоджувач; розводка трубопроводів по камерам холодильника; результати дослідження у вигляді графіків.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2023р.	15.05.2023 р.
Цивільний захист	Подмазко О.С., доц. ХУ і КП	17.03.2023р.	15.05.2023 р.
Економічна частина	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2023р.	15.05.2023 р.

7.Дата видачі завдання

01.09.2022 р.

Керівник

Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання

Іванов Денис Сергійович

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ; розрахунок теплоізоляції; розрахунок тепло припливів; план та розрізи холодильника	25.03.2023	
2	Розрахунок і вибір основного і допоміжного обладнання; розрахунок конденсатора та повітря охолоджувача	01.04.2023	
3	Розрахунок трубопроводів; підбір допоміжного устаткування; конденсатор; повітряохолоджувач	15.04.2023	
4	Апаратне та конденсаторне відділення; розводка трубопроводів по камерам холодильника	01.05.2023	
5	Дослідження щільності теплового потоку в конденсаторі у вигляді графіків	15.05.2023	
6	Цивільний захист. Охорона праці. Техніко-економічний розрахунок	30.05.2023	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Іванов Денис Сергійович

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Подмазко Олександр Степанович

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web- ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник

Іванов Денис Сергійович

## РЕФЕРАТ

Бакалавр 141 групи Іванов Денис Сергійович

Керівник: доцент, кандидат технічних наук Подмазко О.С.

Тема роботи: Проект холодильника для зберігання мороженої риби місткістю 2500 тон для м. Одеси

У даній дипломній роботі виконані наступні розрахунки: теплоізоляції холодильних камер; тепло припливи, що надходять в холодильні камери рибного холодильника; теплові навантаження на компресори з температурою кипіння  $t_0 = -33 \text{ }^\circ\text{C}$ ; конденсатора та повітроохолоджувача; основного і допоміжного обладнання; магістральних трубопроводів. Були виконані наступні креслення: план та розрізи холодильника; апаратного та конденсаторного відділень; конденсатора; повітроохолоджувача; розводка трубопроводів по камерам холодильника. Були також виконані: підбір допоміжного устаткування, цивільний захист, охорона праці, та техніко-економічний розрахунок. Основну увагу було приділено дослідженню щільності теплового потоку в вертикальному водяному конденсаторі.

Кількість ілюстрацій – 28, таблиць – 26, література - 17

Ключові слова: ХОЛОДИЛЬНИК. ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ,  
КОМПРЕСОР, КОНДЕНСАТОР, ПОВІТРООЖОЛОДЖУВАЧ,  
ТЕМПЕРАТУРА КИПІННЯ, ТЕМПЕРАТУРА КОНДЕНСАЦІЇ,  
ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА, ЩІЛЬНІСТЬ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ .

## ABSTRACT

Bachelor of 141 group Ivanov Denys Serhiyovych

Supervisor: associate professor, candidate of technical sciences Podmazko O.S.

The topic of the work: Project of a refrigerator for storing frozen fish with a capacity of 2,500 tons for the city of Odessa

In this thesis, the following calculations were made: thermal insulation of refrigerating chambers; heat flows entering the refrigerating chambers of the fish refrigerator; heat loads on compressors with boiling point  $t_0 = -33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; condenser and air cooler; main and auxiliary equipment; main pipelines. The following drawings were made: plan and sections of the refrigerator; hardware and condenser departments; capacitor; air cooler; wiring of pipelines in the chambers of the refrigerator. The selection of auxiliary equipment, civil protection, labor protection, and technical and economic calculation were also carried out. The main attention was paid to the study of heat flux density in a vertical water condenser.

Number of illustrations – 28, tables – 26, literature – 17

Keywords: REFRIGERATOR. HEAT LOAD, COMPRESSOR, CONDENSER, AIR COOLER, BOILING TEMPERATURE, CONDENSATION TEMPERATURE, REFRIGERATOR, HEAT FLOW DENSITY.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ БУДІВЕЛЬНО—ІЗОЛЯЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ І СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ РИБНИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ.....	10
2 ВИБІР ХОЛОДОАГЕНТА СИСТЕМИ ХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНИКА.....	26
3 ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ МІСТКОСТІ КАМЕР.....	29
3.1 Приблизний розрахунок.....	29
3.2 Визначаємо дійсну будівельну площу камер і холодильника.....	30
4 РОЗРАХУНОК ІЗОЛЯЦІЙНОГО КОНТУРУ І ВИБІР ІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ.....	31
4.1 Вибір будівельної ізоляційної конструкції стін холодильника.....	31
4.2 Розрахунок товщини теплоізоляції.....	33
4.3 Розрахунок товщини пароізоляції.....	36
5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ В КАМЕРИ.....	38
5.1 Розрахунок тепло припливів через огороження.....	38
5.2 Розрахунок тепло припливів при холодильній обробці продукту.....	39
5.3 Розрахунок експлуатаційних тепло припливів від різних джерел.....	41
5.4 Визначення теплового навантаження на компресори та холодильне обладнання.....	44
6 РОЗРАХУНОК І ВИБІР КОМПРЕСОРНОГО УСТАТКУВАННЯ.....	45
6.1 Підбір компресорів для холодильного обладнання.....	45
6.2 Підбір компресорів для морозильного обладнання.....	49

					Проект хол-ка для зберігання мороженої риби місткістю 2500 тонн м. Одеси			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Іванов Д.С.			<b>Розрахунково- пояснювальна записка</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Подмазко О.С.					6	110
<i>Реценз.</i>						<b>ОНТУ гр.141</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

7 РОЗРАХУНОК ВЕРТИКАЛЬНОГО КОЖУХОТРУБНОГО КОНДЕНСАТОРА.....	53
7.1 Тепловий розрахунок конденсатора.....	53
7.2 Конструктивний розрахунок конденсатора.....	59
8 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА.....	60
9 РОЗРАХУНОК ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ.....	66
9.1 Циркуляційний ресивер для $t_0=-33^{\circ}\text{C}$ .....	66
9.2 Циркуляційний ресивер для $t_0=-40^{\circ}\text{C}$ .....	66
9.3 Лінійний ресивер.....	67
9.4 Дренажний ресивер.....	68
9.5 Розрахунок аміачного насоса для $t_0=-33^{\circ}\text{C}$ .....	68
9.6 Розрахунок аміачного насоса для $t_0=-40^{\circ}\text{C}$ .....	69
9.7 Підбір водяного насоса.....	70
9.8 Підбір масловіддільників та маслозбірників.....	70
10 РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ.....	70
10.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів для $t_0=-33^{\circ}\text{C}$ .....	70
10.2 Розрахунок діаметрів трубопроводів для $t_0=-40^{\circ}\text{C}$ .....	72
11 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	75
12 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ .....	93
13 ЕКОНОМІКА.....	99
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	109

## ВСТУП

Проектований рибний холодильник передбачається розмістити поблизу міста Одеса Одеської області. Одеська область розташована на крайньому південному заході України та межує з Вінницькою, Кіровоградською, Миколаївською областями. На суходолі і на морі межує з рядом зарубіжних країн: Республікою Молдовою, Румунією, Болгарією, Туреччиною. Область займає територію Північно-західного Причорномор'я від гирла річки Дунаю до Тилігульського лиману (морське узбережжя в межах області простягається на 300 км), а від моря на північ на 200-250 км. Загальна площа її становить 5,5% території України. Місто порт Одеса - культурна і архітектурна перлина на березі Чорного моря. Одеса - є четвертим за величиною містом в Україні. Вона розташована на Одеській затоці в 500 км від Києва. Територія 160 квадратних кілометрів. Сьогодні Одеса є головним промисловим, культурним, транспортним, науковим і курортним центром Північного Причорномор'я.

Даний проектований рибний холодильник відноситься до промислових холодильників, які забезпечують заморожування і зберігання виловів внутрішніх водойм та районів прибережного лову. Вони призначені для випуску охолодженої свіжої товарної рибної продукції та заморожування її при масовому надходженні риби. Ці холодильники будуються переважно за типовими проектами.

Виробничі рибні холодильники є невід'ємною частиною технічної бази підприємств харчової промисловості і важливим фактором забезпечення випуску свіжомороженої рибної продукції в Україні. Холодильники грають велику роль в інтенсифікації виробничих процесів на підприємствах харчової промисловості, що сприяє скороченню виробничого циклу, зниження втрат, збільшення обсягу та поліпшення якості виробів. Особливо велика роль рибних холодильників в забезпеченні ритмічності випуску рибної замороженої продукції.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# 1 АНАЛІЗ БУДІВЕЛЬНО—ІЗОЛЯЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ РИБНИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ

Холодильники рибної промисловості в більшості відносяться до середніх, однак у їх складі є великі і дрібні[4]. Добова продуктивність по охолодженню і заморожуванню продуктів визначається здатністю пристроїв і апаратів, а також холодильної машини зробити охолодження або заморозити ту чи іншу кількість продукції в тонах за добу.

На рибпромислових холодильниках рибу та інші водні об'єкти промислу охолоджують з метою постачання населення охолодженою продукцією або акумуляцією сировини для її вторинної обробки. Продуктивність холодильника по охолодженню залежить від добового надходження сировини на холодильник. Звичайна продуктивність щодо заморожування від 5 до 60 т / добу риби, проте, у великих рибних морських портах є холодильники зі значно більшою добовою заморожуваною здатністю. Відповідно одноразової ємності та добової продуктивності на рибпромислових холодильниках застосовують головним чином аміачні одноступінчаті і двоступінчасті холодильні машини великої і середньої холодопродуктивності. У більшості випадків холодильники рибної промисловості є не самостійними підприємствами, а входять до складу промислових комплексів, які займаються прийомом риби, її обробкою та розподілом.

Великі механізовані портово - перевалочні холодильники ємністю до 20 тис. т призначені для приймання і зберігання мороженої, середньо і слабосоленої продукції та відвантаження її в райони споживання[2]. У їх складі передбаченні низькотемпературні камери зберігання (до 80% від загальної місткості). Всі інші камери проектують з універсальним температурним режимом.

Механізовані портово-виробничі холодильники ємністю до 8-10 тис. т

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блокуються з рибо оброблювальними та консервними підприємствами і повинні мати достатні запаси сировини для забезпечення безперебійної роботи цих підприємств

. На цих холодильниках охолоджується і заморожується риба прибережного лову, для чого повинні бути передбачені відповідні пристрої і камери.

Якщо холодильник є складовою частиною виробничого підприємства, то при проектуванні холодильної установки необхідно врахувати навантаження від технологічного обладнання.

Рибні холодильники відрізняються від інших промислових будівель тим, що в них постійно підтримується низька температура повітря при високій відносній вологості[5]. Призначення холодильників визначає, вибір матеріалів для будівельних конструкцій, які повинні бути міцними, стійкими до впливу навантажень, довговічними, вогнестійкими, морозостійкими, економічними. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняє залізобетон. Несучі і огорожувальні конструкції із залізобетону застосовують при будівництві як одно -, так і багатоповерхових холодильників. Включення до конструкції огороження холодильника теплової ізоляції і пароізоляційного шару, які повинні бути суцільними, визначає необхідність побудови будівель з двох частин: несучого каркасу і самонесучих стін. Виняток становлять холодильники невеликої ємності, в яких стіни є несучими.

При проектуванні слід прагнути до широкого застосування збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення. У випадку використання монолітного залізобетону має передбачатися застосування індустриальних методів виробництва робіт. Використання залізобетону не виключає можливості застосування інших будівельних матеріалів. Особливу увагу слід звернути на застосування місцевих будівельних матеріалів, таких, як черепашник, туф, з малими коефіцієнтами теплопровідності.

З освоєнням промислового випуску легких металевих конструкції каркасів, покриттів і стінних огорож для одноповерхових промислових будівель стане можливим використовувати їх при проектуванні

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одноповерхових холодильників поряд із залізобетонними конструкціями заводського виготовлення.

Багатоповерхові холодильники характеризуються дорогими і складними будівельно-ізоляційними конструкціями, такі холодильники називають етажерочними [1].

Одноповерхові холодильники простіші і дешевші. Для їхнього спорудження часто використовують швидко споруджувальні ізоляційні конструкції з «сендвич-панелей».

Задачу вибору поверховості холодильника середньої місткості (від 500 до 5000 т.) можна вирішити з урахуванням достоїнств і недоліків одноповерхових холодильників у порівнянні з багатоповерховими.

Достоїнства одноповерхових холодильників, зв'язані з їхньою будівельною конструкцією:

- більш проста будівельна конструкція, тому що каркас холодильника несе навантаження лише від даху, охолоджуючих приладів, вітру, снігу;
- менші вимоги до міцності ґрунту;
- менша витрата будівельних матеріалів;
- більш короткий термін будівництва;
- менша вартість будівництва;
- великі можливості у виборі форми плану будівлі;

Недоліки одноповерхових холодильників у порівнянні з багатоповерховими:

- велика займана площа земельної ділянки;
- підвищена витрата теплоізоляційних матеріалів, тому що в одноповерхових холодильників більше відношення площі зовнішніх огорожень до внутрішнього об'єму охолоджуваних приміщень;
- підвищені зовнішні теплоприпливи пояснюються великою площею покриття, що опромінюється сонцем, а також необхідністю

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обігрівання ґрунту під охолоджуваними приміщеннями з негативними температурами повітря;

- більш довгі системи трубопроводів наводять не тільки до збільшення капіталовкладень, але і до підвищених експлуатаційних витрат;

- великі витрати на створення системи захисту від промерзання ґрунту під холодильником;

- непривабливий зовнішній вигляд обмежує будівництво одноповерхових холодильників у районах міської забудови.

#### Фундаменти і колони [7]

Фундаменти сприймають все навантаження від будівельних конструкції, вантажу і обладнання і передають його на ґрунт. Тому вони повинні бути міцними, довговічними, стійкими на перекидання і ковзання в площині підошви, тиск, який чиниться на ґрунт ,не повинен перевищувати розрахунковий. При будівництві холодильників застосовують стрічкові, окремо стоячі і суцільні плитні фундаменти.

Стрічковий фундамент представляє собою прямокутник, розташований безперервно під усім периметром стін. Навантаження від стін може передаватися на стрічкові фундаменти і на фундаментні балки, які опираються на фундаментні колони. Під колони закладають окремо стоячі ступінчасті або пірамідальні фундаменти із залізобетону. В фундаментах передбачають гнізда - стакани для встановлення збірних колон. Під середні колони приймають фундаменти квадратного перетину, а під пристінні - прямокутної.

На одноповерхових холодильниках застосовують колони квадратного перерізу 400×400 мм серії 1.420-4 або КЕ-01-49. Довжину колони підбирають відповідно до розташування верху стакана фундаменту на 250-300 мм нижче бетонної підготовки під ізолювані підлоги, в яку укладають стрижні для електрообігріву.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переважає більшість сучасних вітчизняних одноповерхових холодильників споруджують з каркасом з типових залізобетонних колон і балок заводського виготовлення (або залізобетонних колон і металевих ферм), розміщених усередині охолоджуваного об'єкта[7]. У цих будинках колони внутрішніх рядів у плані розміщують на перетині поздовжніх і поперечних координаційних осей. Колони зовнішніх рядів розташовують відносно осей. Відстань між координаційними осями в напрямку основної несучої конструкції приймається рівним 6, 12 або 18 м. Воно відповідає прольоту (довжині) будівельної балки (ферми) у будівлях каркасної конструкції або довжині плити покриття в безкаркасних будівлях. Відстань між координаційними осями в перпендикулярному напрямку (крок колон) у залежності від довжини панелей покриття приймають 6 або 12 м.

#### Стіни і перегородки[2]

При використанні збірних залізо бетонних конструкцій зовнішні стіни слід проектувати з вертикальних або горизонтальних крупно розмірних панелей, виготовлених з важкого бетону марки 200 або керамзитобетону марки 100. Стінові панелі серії 1.423-4 мають висоту 4,8; 5,2; 6,0 і 6,4 м, ширину 1,5 і 3,0 м, товщину 120 мм і застосовуються в основному для проектування багатопверхових холодильників.

Можна застосувати горизонтальні залізобетонні панелі серії СТ-02-31 і горизонтальні панелі із керамзитобетона. Висота таких панелей 1,2-1,8 м, довжина 6 м, товщина 200 мм.

До останнього часу найбільш поширеним матеріалом для зовнішніх стін одноповерхових холодильників була звичайна повнотіла глиняна цегла пластичного пресування. Оскільки зовнішні стіни холодильників самонесучі, товщина цегляної кладки зазвичай становить 380 мм (півтора цегли). Стіна відстоїть від внутрішньої грані зовнішнього ряду колон каркасу на 250-500 мм. Для стійкості стіни кріплять до колон за допомогою анкерів у середній частині колони і вгорі (там, де встановлюється балка покриття).

Внутрішні стіни холодильників, що відокремлюють охолоджувані приміщення від коридорів, тамбурів, вестибюлів, виконують з тих самих

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалів, що і зовнішні, тільки товщина цегляної кладки може бути зменшена до 250 мм.

Для перегородок між камерами можна використовувати ті ж матеріали, але слід мати на увазі, що цегляні перегородки трудомісткі, важкі і не економічні. Тому їх застосовують головним чином в приміщеннях з підвищеною вологістю і в пожежонебезпечних місцях. Товщина цегельних перегородок 120 мм (пів цеглини). Залізобетонні перегородки теж трудомісткі й дорогі, тому їх застосовують, як і цегляні, тільки в особливо важких умовах. Товщина залізобетонних перегородок 60-100 мм.

Значно дешевші перегородки з пористих бетонів. Їх роблять в один або і два шари, наприклад, з пінобетону товщиною відповідно 250 і 400 мм. Проте при виборі матеріалу перегородок необхідно самим ретельним образом вивчити умови, в яких буде перебувати матеріал.

У деяких випадках роблять перегородки з жорстких плитних ізоляційних матеріалів на дерев'яному каркасі, виготовленому з антисептичних і покритих бітумом рейок. Каркас встановлюють впритул між перекриттям (покриттям) і бетонною підготовкою підлоги.

Перегородки можуть бути встановлені по осях колон з ізоляцією колон або без неї в залежності від температур в камерах, за межі колон або взагалі поза колонами. Якщо перегородка поділяє камери з різними температурами, то краще перегородку перемістити за грань колони, що полегшить виконання ізоляційних робіт і уникне виникнення теплових містків.

#### Покриття холодильників[2]

Для холодильників характерні без горищні покриття, які повинні бути міцними, довговічними і економічними, а покрівлі – водонепроникними і атмосферостійкими. На холодильниках невеликої ширини роблять односкіли дахи. У більшості випадків застосовують подвійні дахи з ухилом близько 2%. В якості покривних матеріалів використовують гідроізол, склоруберойд або руберойд які наклеюють у декілька шарів на бітумній мастиці. Ухил

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покрівлі зазвичай створюється за рахунок застосування комбінованої теплоізоляції шляхом зміни підсипки сипучих матеріалів. В одноповерхових холодильниках покриття балкові. На колони встановлюють балки серії 1.462-1, за якими настиляють плити покриття серії 1.465-7. Розмір плит у плані 1,5×6 або 3×6 м. Висота плити 300 мм, товщини полиці 25-30 мм .

#### Підлоги

Підлоги можуть розташовуватися на ґрунті або на міжповерхових перекриттях. Підлога складається з основи і покриття (чиста підлога). Основами можуть служити несучі конструкції перекриттів і підготовки, що укладаються поверх більш слабких матеріалів, наприклад ізоляції.

Підлоги повинні мати необхідну міцність, що забезпечує тривалу працездатність при механічних впливах, жорсткість, повинні бути безпечними для пересування людей і транспортних засобів, безшумними, гігієнічними. В якості покриття підлог охолоджуваних приміщень холодильників застосовують бетонні або мозаїчні плити. Такі підлоги найбільшою мірою задовольняють поставленим вимогам.

На ділянках інтенсивного руху транспортних засобів допускається застосування металевих плит (на платформах, в коридорах, вестибюлях). У конструкції підлоги камер з низькими температурами повинен бути передбачений шар теплової ізоляції. Для захисту від проникнення ґрунтових вод є шар гідроізоляції по бетонній стяжці. Так як підлоги в підвальних приміщеннях не ізолюють, конструкція підлоги буде простіше: чисту підлогу укладають на прошарку з бетону на бетонний підстильний шар. В камерах з неізолюваними підлогами по всьому периметрі зовнішніх стін для зменшення тепло припливів зовні роблять підсипання з теплоізоляційного матеріалу (наприклад, з шлаку).

Розміщення тепло - і пароізоляції в будівельних конструкціях рибних холодильників[6]

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термін служби холодильника, його економічні показники багато в чому визначаються якістю ізоляції. Правильно запроектована і добре виконана ізоляція забезпечує тривалу експлуатацію при мінімальних експлуатаційних витратах. Для теплової ізоляції огорожень холодильників слід вибирати високоефективні матеріали, що мають малі коефіцієнти теплопровідності, що не вбирають вологу і володіють цілим рядом інших якостей, які визначаються специфічними умовами роботи в умовах змінних зовнішніх температур і низьких температур і підвищеної вологості повітря в камерах.

Ізоляційні конструкції холодильників[4]. Будівельні конструкції, що містять крім будівельного матеріалу теплову гідроізоляцію, називаються ізоляційними конструкціями. Ізоляційні конструкції холодильників повинні мати певну, встановлену розрахунком товщину шарів теплової і гідроізоляції. Зволоження теплової ізоляції в конструкції огороження може відбуватися з різних причин. Головні з них: дифузія водяної пари зовнішнього повітря, тобто переміщення під дією капілярних сил вологи від атмосферних опадів

Від гризунів ізоляцію захищають застосуванням частих сталевих сіток, закладених в нижні частини стін на 0,7 м по висоті і по периметру підлоги на ширину 0,5 м. Велике значення має безперервність ізоляції. Вона повинна бути виконана у вигляді суцільного безперервного ізоляційного покриття. Якщо ізоляція переривається (наприклад, перетинається балками, колонами), то в цих місцях утворюються так звані містки холоду, які служать причиною появи капель та зволоження приміщень. Тепло та гідроізоляції піддаються і допоміжні апарати, особливо трубопроводи, через стінки яких може надходити тепло, але тільки після випробування системи на тиск. В якості теплової ізоляції застосовують головним чином щільні матеріали, рідше використовують засипну або м'яку ізоляцію. У більшості випадків трубопроводи ізолюють сегментами, нарізаними з плиткових ізоляційних

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалів, наприклад з плит мінеральної пробки, пінопластів, торфо плит. Сегментами ізолюють також вигини, нерівні поверхні холодильних апаратів.

Довговічність теплової ізоляції визначається можливістю захисту від попадання в неї вологи із зовнішнього повітря в літній час. Захист теплової ізоляції від зволоження здійснюється введенням в конструкцію досить потужного шару пароізоляції. Для підлог, що лежать на грунтах, і для покрівель вимагається створення ще більш потужних гідроізоляційних шарів, що перешкоджають проникненню в конструкцію краплинної вологи (грунтових вод та атмосферних опадів). В якості паро-і гідроізоляційних матеріалів застосовують бітуми та бітумні мастики, склоруберойд, ізол, антисептичний руберойд та інші матеріали, які володіють великим опором паро проникненню. Пароізоляційний шар повинен бути суцільним, без пропусків і розривів. Розташовувати пароізоляційний шар слід по можливості ближче до теплового середовища. У будівельно-ізоляційній конструкції шар матеріалів розміщують так, щоб паропроникність зменшувалася по мірі просування від більш теплого повітря до холодного.

Для теплової ізоляції бажано застосовувати матеріали, які відносяться до негорючих або, принаймні, до важко горючих [2]. Крім того, ці матеріали повинні мати малі коефіцієнти теплопровідності. На жаль таких матеріалів не дуже багато. Перевагу потрібно віддавати сучасним матеріалам з хорошими теплоізоляційними властивостями, наприклад пінопластам не полістироль-ним. Для ізоляції покриттів і підлог холодильників використовують засипні матеріали: гравій керамзитовий, перліт спучений, вермикуліт спучений, шлаки.

При виконанні ізоляції стін і перекриттів або покриттів з важкогорючих або горючих матеріалів її слід розділяти на відсіки протипожежними поясами, виготовлених з негорючих матеріалів. Найбільш перспективним матеріалом для протипожежних поясів слід вважати перлітогелеві плити, що мають коефіцієнт теплопровідності 0,076-0,087 Вт/(м·К). У протипожежних

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поясах повинен бути передбачений пароізоляційний шар з негорючого матеріалу.

У протипожежних поясах не допускається установка отворів і прокладення трубопроводів. Протипожежні пояси повинні щільно примикати до вогнестійких конструкцій огорож, з тим щоб була виключена можливість проникнення вогню в суміжні відсіки теплоізоляції. Теплоізоляцію з горючих матеріалів захищають з боку приміщень штукатуркою по сталевій сітці або азбестоцементними пресованими плитами товщиною не менше 8 мм.

Холодильники рибної промисловості являють собою підприємства, пов'язані з промисловими комплексами, що займаються прийомом риби, її обробкою і розподіленням, і входять до складу цих комплексів (порти, комплексні рибообробні підприємства, рибзаводи). На рибообробних підприємствах охолоджують рибу шляхом пошарової пересипки лускатим льодом або за допомогою попередньо охолодженої морської води або водо крижаної суміші, для чого використовують снігувальні апарати, пневматично подають дрібно подрібнений лід за допомогою шланга. Рибу (до-18- -25 ° С) заморожують на промислових і виробничих холодильниках у різних морозильних установках.

#### Системи охолодження холодильних камер[6]

Для відводу тепла з охолоджуваних камер рибного холодильника використовують три різні системи: безпосереднє, розсільне і повітряне охолодження. Нерідко використовують і комбіноване, тобто змішане охолодження, при якому охолодження камери здійснюється одночасно двома або трьома перерахованими методами.

Проектовані системи повинні бути надійні в експлуатації, мати мінімальну кількість трубопроводів, запірної і регулюючої арматури, приладів автоматики .

#### Система безпосереднього охолодження[4] і [5]

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для охолодження камер зберігання застосовують оребрені стельові і пристінні батареї безпосереднього кипіння. При цій системі охолодження батареї або стелажі, розміщені в холодильних камерах, виконують функцію випарника холодильної машини. Холодильний агент від регулюючого вентиля направляється в трубчасті системи, де кипить за рахунок теплоти, віднімає від повітря камери, або перебувають в ній продуктів. Температура кипіння холодильного агента має бути нижче запроектованої в камері. Але надмірно великий перепад температури кипіння агента і повітря знижує температуру кипіння агента, а отже, і зменшує холодопродуктивність компресора, у той час як невеликий температурний перепад призводить до збільшення поверхні батарей в камері. Оптимальною різницею температур між температурами камери і кипіння холодильного агента вважають 10 ° С.

Перевагою цього способу охолодження є: простота установки і можливість підтримання більш високої температури випаровування агента. Останнє пояснюється відсутністю проміжного холодоносія і важливо з економічної точки зору. Крім того, установки з безпосереднім випаровуванням агента дозволяють при включенні холодильної машини швидко охолоджувати камери і застосовувати трубопроводи меншого перетину, так як холодовіддача 1 кг агента більша, ніж 1 кг рідкого холодоносія (розсолу).

Але цей спосіб охолодження має і недоліки: малу акумулюючу здатність приладів охолодження і труднощі розподілу холодильного агента у розгалуженій мережі приладів охолодження. Ці недоліки часто призводять до порушення температурного режиму в холодильних камерах.

#### Розсільна система охолодження камер[5]

Холодильна установка при цьому способі охолодження камер складніше, тому що включає дві взаємозалежні системи: холодильного агента і розсільну. Холодильна машина працює на випарник, охолоджуючи до заданої температури розсіл. Холодний розсіл насосом нагнітається в прилади

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камерного охолодження, в охолоджуючі або заморожуючі апарати, де здійснює холодильну дію. Спосіб розсільного охолодження відрізняється гарною акумулюючою здатністю приладів охолодження, завдяки чому в камерах можна підтримувати досить стійкий оптимальний температурний режим, а також простотою регулювання температури в камерах шляхом зміни кількості циркулюючого в батареях розсолу. Однак таке охолодження пов'язано з необхідністю підтримувати більш низьку температуру кипіння холодильного агента, оскільки температура кипіння на 5-6 ° С нижче розсолу, а його температура на 8-10 ° С нижче повітря в камерах. При більш низькій температурі кипіння агента холодопродуктивність і економічність роботи холодильної машини знижуються. Так як при розсільній системі необхідно мати додаткове устаткування (випарник, насоси), то металоємність холодильної системи підвищується точно так само, як збільшується, приблизно на 20% витрати електроенергії порівняно зі способом охолодження безпосереднім випаровуванням агента. Недоліком цієї системи є також корозійний вплив сольових розчинів на металеві елементи установки.

Застосування установок з використанням проміжного холодоносія має бути в кожному конкретному випадку виправдано технологічно або з міркувань безпеки. Для охолодження холодоносія у випарнику використовують холодильні машини, що працюють на аміаку або на фреоні. Як холодоносії застосовують воду, водні розчини хлористого кальцію і рідше хлористого натрію[5].

Для тривалої безперебійної роботи важливо правильно вибрати правильну концентрацію розсолу: так, щоб виключити замерзання розсолу в трубах кожухотрубного випарника. Температуру замерзання розсолу беруть на 8-10°С вище температури кипіння холодоагенту. У випарниках відкритого типу замерзання призводить до руйнування апарату, а тому можна зменшити цю різницю до 5 ° С.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даний час найбільш поширеним холодоносієм для температур нижче 0 ° С є водний розчин хлористого кальцію. Розсоли викликають посилену корозію, що призводить до необхідності заміни труб апаратів. З метою збільшення терміну служби охолоджуючих приладів рекомендується застосовувати менш корозійно-активні речовини, наприклад розчин етиленгліколю. Крім посиленої корозії, характерної для розсільних схем, у них є ще один великий недолік, пов'язаний з необхідністю працювати при знижених температурах кипіння, а отже, з більшою витратою енергії.

Для невеликих холодильних установок допускається застосування двохтрубної закритої і відкритої систем, для великих - трьохтрубного закритої системи. Розсільна система охолодження камер може бути відкритою або закритою. Основними недоліками відкритої системи (з випарником відкритого типу) є зменшення концентрації розсолу внаслідок попадання в нього вологи з повітря і підвищена корозія трубопроводів і арматури, викликана поглинанням розсолу кисню з повітря. Крім того, у відкритій системі безперервно витрачається додаткова потужність на підйом розсолу у верхні ділянки трубопроводів. Тому, як правило, застосовують закриту циркуляційну систему з випарниками кожухотрубного типу.

#### Повітряна система охолодження

Повітряне охолодження використовують на виробничих і збутових холодильниках для спеціалізованих камер зберігання риби холодного та гарячого копчення. При повітряному охолодженні в охолоджуваній обсяг надходить повітря, охоложене в спеціальному апараті, який називається повітроохолоджувач. Охолоджуючи повітряне середовище, повітря теплюється і зволожується. Проходячи через повітроохолоджувач, воно знову охолоджується і частково осушується. Розташовують повітроохолоджувачі як всередині охолоджуваних ними камер, так і поза ними. Холодне повітря з повітроохолоджувача подається в камери і засмоктується назад за допомогою вентилятора. В одних системах повітря

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрямовується в камери і засмоктується з них по каналах, а в інших канали служать тільки для подачі його в камери, а в смоктувальних каналів не роблять.

В даний час більше практичне застосування знаходять сухі, безпосереднього розширення, з примусовим охолодженням повітря повітроохолоджувачі. Повітроохолоджувачі бувають наступних типів: Кубічні (прямий рух повітряного потоку), однопоточні (односторонній кутовий рух повітряного потоку), дво поточні (двосторонній кутовий рух повітряного потоку), напірні (прямий рух повітряного потоку) для підключення в каналну систему. Повітряне охолодження є досить перспективним як для термічної обробки продуктів (охолодження і заморожування), так і для їх зберігання.

Основні переваги:

- можливість попереднього охолодження і осушення свіжого зовнішнього повітря, що подається в камери для вентиляції;
- велика можливість, ніж при батарейному охолодженні, регулювання температури і вологості повітря в охолоджуваних обсягах;
- рівномірність розподілу температури повітря по всьому охолоджуваному середовищі;
- компактність теплообмінного обладнання;
- можливість застосування електричних ТЕНів відтайки спрощує конструкцію холодильної установки.

Основними недоліками повітряного охолодження є велика усушка продуктів і збільшена витрата електроенергії. Усушка продуктів може бути зменшена застосуванням повітроохолоджувача з більшою поверхнею теплообміну.

Змішана система охолодження

Змішану систему охолодження застосовують в камерах з температурою близько 0 ° С при значному тепловому навантаженні від охолодження риби,

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наприклад у камерах зберігання солоної риби, що надходить неохолодженою. У цьому випадку повітроохолоджувачі включають на час охолодження і потім вимикають, а постійний режим підтримують батареї. У практиці холодильні камери оснащуються одночасно батареями безпосереднього випаровування і повітроохолоджувачами (з повітроводами або безканалним), причому ті й інші можуть діяти одночасно або роздільно. Змішана система охолодження ефективно застосовується в камерах заморожування, в універсальних та інших випадках. У камерах, обладнаних змішаним охолодженням, посиленою циркуляцією повітря, створюються більш сприятливі умови для здійснення процесів охолодження або заморожування продуктів; якщо ж тепло припливи від продуктів відсутні - повітроохолоджувачі відключають. Можливі й інші варіанти змішаного охолодження камер, в залежності від їх призначення і технологічних особливостей процесів.

Для повітряного і змішаного охолодження використовують безканалні повітроохолоджувачі типу ВОП конструкції ВНІХІ. Повітряне охолодження обмежувалось через значну усушки неупакованої продукції. Застосування низьких температур ( $-25^{\circ}\text{C}$ ) дозволяє знизити усушку, а упаковка мороженої риби в полімерну плівку з вакуумуванням пакетів її виключає.

Повітроохолоджувачі встановлюють як безпосередньо в камерах, так і поза ними. В даний час все більш широке поширення набувають підвісні повітроохолоджувачі, що не займають корисної площі камери. З повітроохолоджувачів такого типу найбільш придатними є апарати з пластинчастим оребренням марок ВОП і ВОГ.

Відтавання шару інею з повітроохолоджувачів в камерах з температурою вище  $2^{\circ}\text{C}$  відбувається повітрям, у камерах з більш низькою температурою відтаювання комбіноване: гарячими парами аміаку з одночасним підігрівом електро нагрівачами. У повітроохолоджувачі ВОГ-230 відтавання снігової шуби проводиться нагріванням електро нагрівачами з

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одночасним зрошенням поверхні водою або гарячими парами аміаку і зрошенням поверхні водою.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 2 ВИБІР ХОЛОДОАГЕНТА СИСТЕМИ ХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНИКА

Важливим моментом при конструюванні та виборі системи охолодження для рибного холодильника є правильний вибір холодильного агента.

Для підтримки необхідного температурного режиму (температура в камерах становить  $-25^{\circ}\text{C}$ ) для даного холодильника використовують систему безпосереднього охолодження. Даний холодильник складається з 4 камер, в яких підтримуються такі режимні параметри: температура в камерах  $-25^{\circ}\text{C}$  та відносна вологість не менше 95%. Зазначені параметри сприяють збереженню риби, яка зберігається, а саме: товарного вигляду та смакових якостей на протязі всього терміну зберігання. В морозильному відділенні розташовані 3 швидкоморозильні апарати MAP - 8A, які працюють при температурі  $-33^{\circ}\text{C}$ , що забезпечує швидке та надійне замороження свіжої риби перед поступленням її до камер зберігання.

У системі безпосереднього охолодження рідкий холодоагент з конденсатора, пройшовши регулюючий вентиль, надходить у повітроохолоджувачі, розташовані в камерах зберігання. За рахунок теплоти продукту, що знаходиться в камері, холодоагент кипить охолоджуючи повітря в камері. Пари холодоагента з повітроохолоджувачів відсмоктуються компресорами. Крім того, в залежності від того, як подається рідкий холодоагент у охолоджувальні пристрої, системи безпосереднього охолодження підрозділяють на насосні і без насосні. На даному холодильнику насосна система охолодження, а це означає що рідкий холодоагент подається до приладів охолодження за допомогою спеціальних насосів.

До переваг системи безпосереднього охолодження відносяться:

- простота конструкції холодильної установки;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидке охолодження камер, яке починається відразу після пуску компресора;

- можливість застосування більш високих температур кипіння для підтримки необхідних температур в охолоджуваному обсязі в порівнянні з іншими способами охолодження, що робить систему безпосереднього охолодження в експлуатації найбільш вигідною, особливо для камер з низькими температурами (морозильних).

Недоліками системи безпосереднього охолодження є:

- небезпека проникнення в охолоджувані приміщення холодоагента, запах і концентрація якого може негативно вплинути на якість охолоджуваного продукту і здоров'я людей, які експлуатують обладнання;

- складність регулювання роботи компресора, особливо за наявності декількох камер з різними температурами;

- вибухої пожежонебезпеки;

- необхідність великої кількості холодоагенту в системі.

В якості холодильного агента в нашій системі було вибрано аміак. При виборі між фреоном і аміаком враховувались такі міркування:

- переваги використання в якості холодоагенту аміаку (R717) обумовлені тим, що він володіє ермодинамічними та теплофізичними характеристиками, що дозволяють отримувати високий к.к.д. в холодильних установках;

- хімічно нейтральний по відношенню до більшості конструкційних матеріалів холодильних установок, за винятком міді та сплавів на її основі;

- не розчиняється в мастильних маслах холодильних установок;

- не чутливий до вологи і легко знаходиться у разі витіку;

- не сприяє створенню парникового ефекту;

- має невисоку вартість і легко доступний на ринку.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом з тим у аміаку є ряд серйозних недоліків. Зокрема:

- ця речовина високотоксична (вважається, що гранично допустима концентрація аміаку в робочих приміщеннях повинна бути не вище 20 мг/м<sup>3</sup>, але навіть при більш низькій концентрації характерний запах аміаку в разі його появи викликає сильну паніку; при більш високих концентраціях з'являються серйозні труднощі дихання аж до задухи; смертельна концентрація аміаку - 30 г/м<sup>3</sup>);

- він вибухонебезпечний (при концентрації в повітрі 200 ... 300 г/м<sup>3</sup> виникає загроза мимовільного вибуху; температура само займання дорівнює 650 °С;

- створює небезпеку опіків при розчиненні у воді, оскільки цей процес супроводжується виділенням значної кількості тепла;

- має високу температуру нагнітання при стисканні в холодильних компресорах.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ МІСТКОСТІ КАМЕР

#### 3.1 Приблизний розрахунок:

Приблизний розрахунок проводимо із того що ми знаємо розміри холодильника між осями стін.

В заданому холодильнику 4 камери, які однакові за площею по 288 м<sup>2</sup>, відповідно ми можемо визначити місткість камери (приблизно) знаючи коефіцієнт використання будівельної площі холодильника для вказаного холодильника  $\beta=0,8$ .

Визначаємо приблизну місткість камери №1

$$G_{\text{вант}} = \beta \cdot F_{\text{буд}} \cdot h_{\text{вант}} \cdot q_v, m \quad , \quad (3.1)$$

де:  $h_{\text{вант}}=4$  м

$q_v$  - норма завантаження одиниці вантажного об'єму т/м<sup>3</sup>;

$q_v=0,70$  т/м<sup>3</sup> - норма завантаження риби

Для камер №1:

$$G_{\text{вант.№1-4}} = 0,8 \cdot 288 \cdot 4 \cdot 0,7 = 645,1 m$$

Так як камери по площі підлоги і по висоті завантаження однакові то місткості всіх камер однакові.

Приблизна місткість холодильника становить :

$$G_{\text{вант.хол.}} = G_{\text{вант.№1-4}} \cdot 4 = 645,1 \cdot 4 = 2580,4 m \quad (3.2)$$

Приблизний вантажний об'єм:

$$V_v = \frac{G_{\text{вант.хол.}}}{q_v} = \frac{2580,4}{0,7} = 3686,3 m^3 \quad (3.3)$$

Повинна дотримуватися умова:

$$q_v \cdot h_{\text{вант}} \leq [q_f] \quad (3.4)$$

$$q_v \cdot h_{\text{вант}} = 0,7 \cdot 4 = 2,8 m / m^2$$

$$q_f = 4 m / m^2$$

з наведених вище розрахунків видно що дана умова виконується.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№	Підпис	Під		Дата

### 3.2 Визначаємо дійсну будівельну площу камер і холодильника в цілому

Будівельна площа холодильника визначається з будівельного плану  
ХОЛОДИЛЬНИКА

$$F_{\text{буд}} = A \cdot B, \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

$$F_{\text{буд.№1-3}} = 11,4 \cdot 23,4 = 266,76 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{буд.№4}} = 11,6 \cdot 23,4 = 271,44 \text{ м}^2$$

Загальна дійсна будівельна площа холодильника:

$$F_{\text{буд.дійсн.}} = 266,76 \cdot 3 + 271,44 = 1071,7 \text{ м}^2$$

Визначаємо вантажну площу камер і холодильника в цілому.

$$F_{\text{вант}} = A_{\text{г}} \cdot B_{\text{г}} - a \cdot b, \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

$$F_{\text{вант.№1-3}} = 8,8 \cdot 22,8 - 1,6 \cdot 0,4 = 200 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{вант.№4}} = 9 \cdot 22,8 - 1,6 \cdot 0,4 = 204,5 \text{ м}^2$$

Визначаємо дійсну масу вантажу:

$$G_{\text{вант}} = F_{\text{вант}} \cdot h_{\text{вант}} \cdot q_v, \text{ т} \quad (3.7)$$

$$G_{\text{вант.№1-3}} = 200 \cdot 4 \cdot 0,7 = 560 \text{ т}$$

$$G_{\text{вант.№4}} = 204,5 \cdot 4 \cdot 0,7 = 572,6 \text{ т}$$

$$G_{\text{вант.хол.}} = 560 \cdot 3 + 572,6 = 2252,6 \text{ т}$$

Дійсний вантажний об'єм камер і холодильника в цілому.

$$V_{\text{в.№1-3}} = \frac{G_{\text{вант.км.}}}{q_v} = \frac{560}{0,7} = 800 \text{ м}^3 \quad (3.8)$$

$$V_{\text{в.№4}} = \frac{572,6}{0,7} = 818 \text{ м}^3$$

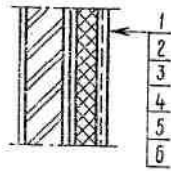
$$V_{\text{в.хол.}} = 818 + 800 \cdot 3 = 3218 \text{ м}^3$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		30

## 4 РОЗРАХУНОК ІЗОЛЯЦІЙНОГО КОНТУРУ І ВИБІР ІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

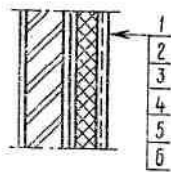
### 4.1 Вибір будівельної ізоляційної конструкції стін холодильника

#### Зовнішня стіна



1. Штукатурка складна на цементному розчині по металічній сітці  
 $\delta=0,02$  м,  
 $\lambda=0,98$  Вт/(м· К)
2. Теплоізоляція із пінопласта полістерильного ПСБ-С  
 $\lambda=0,035$  Вт/(м· К)  
 $\mu=6,39 \cdot 10^{-12}$  кг/(м· с· Па)
3. Пароізоляція поліетиленова плівка  
 $\delta=0,001$  м,  
 $\mu=0,0056 \cdot 10^{-12}$  кг/(м· с· Па)
4. Штукатурка цементно-піщана  
 $\delta=0,02$  м,  
 $\lambda=0,93$  Вт/(м· К)
5. кладка цегельна на цементному розчинні  
 $\delta=0,38$  м,  
 $\lambda=0,81$  Вт/(м· К)
6. Штукатурка на складному розчинні  
 $\delta=0,02$  м,  
 $\lambda=0,93$  Вт/(м· К)

#### Внутрішня стіна



1. Штукатурка складна на цементному розчині по металічній сітці  
 $\delta=0,02$  м,  
 $\lambda=0,98$  Вт/(м· К)
2. Теплоізоляція із пінопласта полістирильного ПСБ-С  
 $\lambda=0,035$  Вт/(м· К)  
 $\mu=6,39 \cdot 10^{-12}$  кг/(м· с· Па)
3. Пароізоляція поліетиленова плівка  
 $\delta=0,001$  м,  
 $\mu=0,0056 \cdot 10^{-12}$  кг/(м· с· Па)
4. Штукатурка цементно-піщана  
 $\delta=0,02$  м,

5. кладка цегельна на цементному розчинні

$$\lambda=0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$\delta=0,38 \text{ м},$$

$$\lambda=0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

6. Штукатурка на складному розчинні

$$\delta=0,02 \text{ м},$$

$$\lambda=0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

#### Підлога



1.Монолітне бетонне покриття із важкого бетону  $\delta=0,04 \text{ м},$

$$\lambda=1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

2. Армобетонна стяжка

$$\delta=0,08 \text{ м},$$

$$\lambda=1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

3. Теплоізоляція керамзитовий гравій  $\lambda=0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$$\mu=100 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$$

4. Пароізоляція поліетиленова плівка

$$\delta=0,001 \text{ м},$$

$$\mu=0,0056 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$$

5.Цементно піщаний розчин

$$\delta=0,035 \text{ м},$$

$$\lambda=0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

6. Ущільнюючий пісок

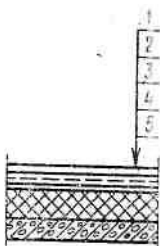
$$\delta=0,03 \text{ м},$$

$$\lambda=0,58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

7.Бетонна підготовка з електро нагрівачами

Для того щоб ґрунт не промерзав будемо використовувати електричні нагрівачі виготовленні з арматурного заліза покладених у бетонну підготовку підлоги ; температур в зоні обігріву автоматично підтримується на рівні  $(1...3)^\circ\text{C}$ .

#### Покриття



1,5 шару гідроізолау на бітумній мастиці  $\delta=0,012 \text{ м},$

$$\lambda=0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

2. Штукатурка цементно-піщана по металеві сітці  $\delta=0,02 \text{ м},$

$$\lambda=0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

3. Пароізоляція поліетиленова плівка

$$\delta=0,001 \text{ м},$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$\mu=0,0056 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$$

4. Теплоізоляція, плита теплоізоляційна ПСБ-С  $\lambda=0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

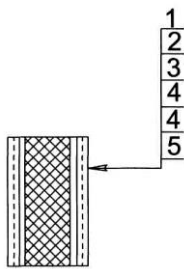
$$\mu=6,39 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$$

5. Залізобетонна плита

$$\delta=0,220 \text{ м},$$

$$\lambda=0 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

#### Перегородка між камерами



1. Штукатурка складна на цементному розчині

по металевій сітці

$$\delta=0,02 \text{ м},$$

$$\lambda=0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

2. Пароізоляція поліетиленова плівка  $\delta=0,001 \text{ м},$

$$\mu=0,0056 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$$

3. Пінобетон ізоляційний

$$\lambda=0,12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

4. Пароізоляція поліетиленова плівка

$$\delta=0,001 \text{ м},$$

$$\mu=0,0056 \cdot 10^{-12} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$$

5. Штукатурка складна на цементному розчині по металічній сітці

$$\delta=0,02 \text{ м},$$

$$\lambda=0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

#### 4.2 Розрахунок товщини теплоізоляції

Знаходимо коефіцієнт теплопередачі для конструкцій холодильника:

- Зовнішня стіна холодильника для нашої зони зменшуємо на 20%

$$K_{zc} = 0,16 \cdot e^{0,022 \cdot (40 - t_k)} \quad (4.1)$$

$$K_{zc} = 0,16 \cdot e^{0,022 \cdot (40 - 25)} \cdot 0,8 = 0,178$$

- Для покриття

$$K_{zn} = 0,95 \cdot K_{zc} \quad (4.2)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$K_{zn} = 0,95 \cdot 0,178 = 0,169 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

- Для внутрішніх стін і перегородок що відокремлюють охолоджуванні приміщення від не охолоджуваних

$$K_{но} = 1,18 \cdot K_{zc} \quad (4.3)$$

$$K_{но} = 1,18 \cdot 0,178 = 0,21 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

- Для внутрішніх стін і перегородок між охолоджуваними приміщеннями

$$K_{вн} = \frac{1}{2 + 0,07 \cdot \Delta t_n} \quad (4.4)$$

$$K_{вн} = \frac{1}{2 + 0,07 \cdot 0} = 0,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Розраховуємо товщину теплоізоляції.

Розраховані товщини теплоізоляції і перераховуємо коефіцієнт

теплопередачі з врахування дійсних товщин теплоізоляції прийнятих по стандарту

$$\delta_{із} = \left[ \frac{1}{K_{нс}} - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] \cdot \lambda_{із} \quad , \quad (4.5)$$

де:  $k$ - коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

$\alpha_n$  -коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої сторони огороження,  
 $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

$\alpha_k$  - коефіцієнт тепловіддачі із сторони камери,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

$\lambda_{із}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$  ;

$\delta_{із}$  - товщина ізоляції, м.;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\delta_i$  - товщина матеріалу, м.

$\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу,  $Вт / (м \cdot К)$ .

Для внутрішньої стіни:

$$\delta_{із} = \left[ \frac{1}{0,21} - \left( \frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} \right) \right] \cdot 0,035 = 0,139 м$$

Приймаємо товщину 150 мм.

Прийняте значення товщини перевищує 5% тому перераховуємо

коефіцієнт теплопередачі по формулі:

$$K_{\delta} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}}}, Вт / (м^2 \cdot К) \quad (4.6)$$

$$K_{\delta} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,15}{0,035}} = 0,198 Вт / (м^2 \cdot К)$$

Для зовнішньої стіни:

$$\delta_{із} = \left[ \frac{1}{0,178} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} \right) \right] \cdot 0,035 = 0,173 м$$

Приймаємо товщину 200 мм

Прийняте значення товщини перевищує 5% тому перераховуємо

коефіцієнт теплопередачі

$$K_{\delta} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,2}{0,035}} = 0,156 Вт / (м^2 \cdot К)$$

Для перегородки між камерами:

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		35

$$\delta_{i3} = \left[ \frac{1}{0,5} - \left( \frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,004}{0,25} + \frac{0,02}{0,98} \right) \right] \cdot 0,12 = 0,206 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 200 мм

Для перекриття:

$$\delta_{i3} = \left[ \frac{1}{0,169} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0,012}{0,3} + \frac{0,04}{0,98} + \frac{0,22}{2,04} \right) \right] \cdot 0,035 = 0,195 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 200 мм

Для підлоги:

$$\delta_{i3} = \left[ \frac{1}{0,178} - \left( \frac{1}{9} + \frac{0,08}{1,86} + \frac{0,025}{0,98} + \frac{0,3}{0,58} \right) \right] \cdot 0,15 = 0,738 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 750 мм.

### 4.3 Розрахунок товщини пароізоляції.

$$t_3 = t_k + k \cdot (t_n - t_k) \cdot \left( \frac{1}{\alpha_k} + \frac{\delta_{вн}}{\lambda_{вн}} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} \right) \quad (4.7)$$

$$t_6 = t_k + k \cdot (t_n - t_k) \cdot \left( \frac{1}{\alpha_k} + \frac{\delta_{вн}}{\lambda_{вн}} \right) \quad (4.8)$$

$$\delta_n = \delta_{i3} \cdot \frac{\mu_n}{\mu_{i3}} \cdot \left( \frac{\frac{m}{n} \cdot e^{b \cdot t_{ін}} - c \cdot t_{ік}}{c \cdot (t_{ін} - t_{ік})} - 1 \right) \quad (4.9)$$

Визначаємо для зовнішньої стіни

$$t_3 = -25 + 0,178 \cdot (32 + 25) \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,18}{0,035} \right) = 28,5^\circ\text{C}$$

$$t_6 = -25 + 0,178 \cdot (32 + 25) \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{0,02}{0,98} \right) = -23,67^\circ\text{C}$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_n = 0,18 \cdot \frac{0,0056 \cdot 10^{-12}}{6,39 \cdot 10^{-12}} \cdot \left( \frac{\frac{630}{640} \cdot e^{0,0646 \cdot 28,5 - 0,093 \cdot (-23,67)} - 1}{0,093 \cdot (28,5 - 23,67)} - 1 \right) = 1,63 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$c=0.093$  ,  $m=630$ ,  $n=640$ ,  $b=0.0646$

Приймаємо товщину  $\delta_{\text{п}} = 1,6$  мм

Для перекриття:

$$t_s = -25 + 0,169 \cdot (32 + 25) \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{0,035}{2,04} + \frac{0,2}{0,035} \right) = 31,3^\circ \text{C}$$

$$t_g = -25 + 0,169 \cdot (32 + 25) \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{0,035}{2,04} \right) = -23,8^\circ \text{C}$$

$c=0.093$  ,  $m=630$ ,  $n=640$ ,  $b=0.0646$

$$\delta_n = 0,2 \cdot \frac{0,0056 \cdot 10^{-12}}{6,39 \cdot 10^{-12}} \cdot \left( \frac{\frac{630}{640} \cdot e^{0,0646 \cdot 31,3 - 0,093 \cdot (-23,8)} - 1}{0,093 \cdot (31,3 - 23,8)} - 1 \right) = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Приймаємо  $\delta_{\text{п}} = 2$  мм

Для підлоги:

$$t_s = -25 + 0,178 \cdot (3 + 25) \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{0,04}{1,86} + \frac{0,75}{0,15} \right) = 0,58^\circ \text{C}$$

$$t_g = -25 + 0,178 \cdot (3 + 25) \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{0,04}{1,86} \right) = -21,3^\circ \text{C}$$

$c=0.093$  ,  $m=630$ ,  $n=640$ ,  $b=0.0646$

$$\delta_n = 0,75 \cdot \frac{0,0056 \cdot 10^{-12}}{6,39 \cdot 10^{-12}} \cdot \left( \frac{\frac{630}{640} \cdot e^{0,0646 \cdot 0,58 - 0,093 \cdot (-21,3)} - 1}{0,093 \cdot (0,58 - 21,3)} - 1 \right) = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Приймаємо  $\delta_{\text{п}} = 1,4$  мм.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ В КАМЕРИ

### 5.1 Розрахунок тепло припливів через огороження

Тепло припливи від огорожень складаються з двох тепло притоків

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \quad (5.1)$$

- Тепло припливи від різниці температур

$$Q_{1m} = K \cdot F \cdot (t_3 \cdot t_6), \text{ Вт} \quad (5.2)$$

- Тепло припливи від сонячної радіації

$$Q_{1c} = K \cdot F \cdot \Delta t_c, \text{ Вт} \quad (5.3)$$

$$\Delta t_c = \frac{p \cdot q_c \cdot \varepsilon_c}{\alpha_3}, \quad (5.4)$$

де:  $p$  - коефіцієнт проникності, що залежить від масивності огороження, що опромінюється сонцем;

$q_c$  - розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду;

$\varepsilon_c$  - коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання поверхнею огороження;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні огороження в навколишній простір.

$$\alpha_3 = 2,3 + 11,6 \cdot \sqrt{w} \quad (5.5)$$

$w$  - швидкість вітру; (приймаємо - 3 м.)

Камера №1 покрівля - приклад розрахунку:

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} = 2938 + 1232 = 4170 \text{ Вт}$$

$$Q_{1m} = K \cdot F \cdot (t_3 \cdot t_6) = 0,169 \cdot 305 \cdot 57 = 2938 \text{ Вт}$$

$$Q_{1c} = K \cdot F \cdot \Delta t_c = 0,169 \cdot 305 \cdot 23,9 = 1232 \text{ Вт}$$

$$\Delta t_c = \frac{p \cdot q_c \cdot \varepsilon_c}{\alpha_3} = \frac{0,75 \cdot 829 \cdot 0,86}{22,4} = 23,9^\circ \text{C}$$

$$\alpha_3 = 2,3 + 11,6 \cdot \sqrt{w} = 2,3 + 11,6 \cdot \sqrt{3} = 22,4$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1-Теплоприпливи від огорожень  $Q_1$ 

назва кам.	огороження	F,м <sup>2</sup>	K	t <sub>зовн.</sub> , °C	t <sub>вн.</sub> , °C	Δt, °C	Δtc °C	Q <sub>1</sub> ,Вт
№1	Північ	68,3	0,198	14,9	-25	39,9		539,6
	Півден	69,4	0,156	32	-25	57	6,6	688,5
	Захід	136,6	0,156	32	-25	57		1214,6
	Схід	134,4	0,5	-25	-25	0		0
	Покр	305	0,169	32	-25	57	23,9	4170
	Підл	305	0,178	3	-25	28		1520,1
	Сумма							8132,8
назва кам.	огороження	F,м <sup>2</sup>	K	t <sub>зовн.</sub>	t <sub>кам.</sub>	Δt	Δtc	Q <sub>1</sub>
№2	Північ	67,2	0,198	14,9	-25	39,9		530,9
	Півден	67,2	0,156	32	-25	57	6,6	666,7
	Захід	134,4	0,5	-25	-25	0		0
	Схід	134,4	0,5	-25	-25	0		0
	Покр	288	0,169	32	-25	57	23,9	3937,6
	Підл	288	0,178	3	-25	28		1435,4
	Сумма							6570,6
назва кам.	огороження	F,м <sup>2</sup>	K	t <sub>зовн.</sub>	t <sub>кам.</sub>	Δt	Δtc	Q <sub>1</sub>
№3	Північ	67,2	0,198	14,9	-25	39,9		530,9
	Півден	67,2	0,156	32	-25	57	6,6	666,7
	Захід	134,4	0,5	-25	-25	0		0
	Схід	134,4	0,5	-25	-25	0		0
	Покр	288	0,169	32	-25	57	23,9	3937,6
	Підл	288	0,178	3	-25	28		1435,4
	Сумма							6570,6
назва кам.	огороження	F,м <sup>2</sup>	K	t <sub>зовн.</sub>	t <sub>кам.</sub>	Δt	Δtc	Q <sub>1</sub>
№4	Північ	70	0,198	14,9	-25	39,9		553
	Півден	71,7	0,156	32	-25	57	6,6	711,4
	Захід	134,4	0,5	-25	-25	0		0
	Схід	136,6	0,198	14,9	-25	39,9		1079,2
	Покр	312,3	0,169	32	-25	57	23,9	4269,8
	Підл	312,3	0,178	3	-25	28		1556,5
	Сумма							8169,9
Сума							29444	

## 5.2 Розрахунок тепло припливів при холодильній обробці продукту

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_2 = \frac{G_n \cdot (h_1 - h_2) \cdot \tau_u}{0,0864 \cdot \tau_p}, \text{Вт} \quad (5.6)$$

де:  $G_n$  - добове надходження вантажу на холодильну обробку т/добу, він рівний 6% від усього вантажу який поступає у камеру (місткість камер більше 200 т).

$h_1$  - ентальпія вантажу (кДж/кг), що надходить в камеру при відповідній температурі поступання .

$h_2$  - ентальпія вантажу (кДж/кг) при середній по його об'єму кінцевій температурі .

Приклад розрахунку тепло припливів при холодильній обробці в камеру №2 .

$$Q_2 = \frac{33,6 \cdot (45 - 12,2)}{0,0864} = 22244,4 \text{ Вт}$$

Таблиця 5.2-Теплоприпливи при холодильній обробці вантажу

Розрахунок теплоприпливів від вантажів при холодильній обробці						
номер камери	$G_n$ , тон/доб.	$h_1$ , кДж/кг.	$t_{\text{вход}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{вих}}, ^\circ\text{C}$	$h_2$ , кДж/кг.	$Q_2$ , Вт
№1	33,6	45	-8	-25	-12,2	22244,4
№2	33,6	45	-8	-25	-12,2	22244,4
№3	33,6	45	-8	-25	-12,2	22244,4
№4	34,4	45	-8	-25	-12,2	22774
сума						89507

Розрахунок тепло припливів від холодильної тари.

$$Q_{2m} = \frac{G_m \cdot (t_1 \cdot c_1 - t_2 \cdot c_2) \cdot \tau_u}{0,0864 \cdot \tau_p}, \text{Вт} \quad (5.7)$$

де:  $c_1$  і  $c_2$ -питомі теплоємності тари при температурах  $t_1$  і  $t_2$  (кДж./ $(\text{кг}\cdot\text{K})$ )

Питома теплоємність картонної тари -1,46

Добове надходження тари на холодильну обробку приймаємо 10%,

Приклад розрахунку теплоприпливів від хол. обробки тари в камеру №3.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2m} = \frac{3,36 \cdot ((-8 \cdot 1,46) - (-25 \cdot 1,46)) \cdot 1}{0,0864 \cdot 1} = 965,2 \text{ Вт}$$

Таблиця 5.3-Теплоприпливи при холодильній обробці тари

розрахунок теплоприпливів від тари при холодильній обробці								
номер камери	G, тон/доб	% відтари	G <sub>п</sub> , тон/доб	C <sub>1</sub> , кДж / (кг · К)	t <sub>вх</sub> , °С	t <sub>вих</sub> , °С	C <sub>2</sub> , кДж / (кг · К)	Q <sub>2т</sub> , Вт
№1	33,6	10	3,36	1,46	-8	-25	1,46	965,2
№2	33,6	10	3,36	1,46	-8	-25	1,46	965,2
№3	33,6	10	3,36	1,46	-8	-25	1,46	965,2
№4	34,4	10	3,44	1,46	-8	-25	1,46	988,2
сума								3884

Таблиця 5.4-Сумарні теплоприпливи при холодильній обробці Q<sub>2</sub>

Номер камери	Q <sub>2</sub> , Вт	Q <sub>2т</sub> , Вт	Q <sub>2</sub> , Вт
№1	22244.4	965.2	23210
№2	22244.4	965.2	23210
№3	22244.4	965.2	23210
№4	22774	988.2	23762
сума			93392

### 5.3 Розрахунок експлуатаційних тепло припливів від різних джерел

а) Тепло припливи від електричного освітлення.

$$Q_4' = q_4 \cdot j_{св} \cdot F_6, \text{Вт} \quad (5.8)$$

де: F<sub>6</sub> – будівельна площа охолоджуваного приміщення;

q<sub>4</sub> – питома норма потужності світильників;

j<sub>св</sub> – коефіцієнт одночасності роботи світильників.

$$Q_{4, \text{№1}}' = 3 \cdot 0,67 \cdot 266,76 = 532,2 \text{ Вт}$$

б) Тепло припливи від людей які працюють в камері.

$$Q_4'' = q_4' \cdot n, \text{Вт} \quad (5.9)$$

де: n – кількість працюючого персоналу в камері(приймаємо кількість

працюючих людей-4)

$q_4'$  – тепловиділення однією людиною ,Вт

$$q_4' = 270 - 6 \cdot t_k = 270 - 6 \cdot (-25) = 420 \text{ Вт} \quad (5.10)$$

$$Q_{4, \text{№1}}'' = 420 \cdot 4 = 1680 \text{ Вт}$$

в) Тепло припливи від електродвигунів.

$$Q_4''' = 1000 \cdot j_{\text{де}} \cdot \Sigma N_{\text{де}}, \text{Вт} , \quad (5.11)$$

де:  $j_{\text{де}}$  – коефіцієнт одночасності роботи обладнання з електродвигунами,

$$j_{\text{де}} = 1$$

$$\Sigma N_{\text{де}} = 1,2(Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m, \text{Вт} , \quad (5.12)$$

де: m- коефіцієнт, що визначається як відношення потужності електродвигуна до холодопродуктивності повітроохолоджувача, m=0,08

Розраховуємо тепло припливи від електродвигунів для камери №1

$$\Sigma N_{\text{де}} = 1,2(8130 + 14670) \cdot 0,08 = 2134 \text{ Вт}$$

$$Q_{4, \text{№1}}''' = 1000 \cdot 1 \cdot 2,13 = 2130 \text{ Вт}$$

Таблиця 5.5-Теплоприпливи від електродвигунів

Номер камери	$\Sigma N_{\text{де}}, \text{кВт}$	$j_{\text{де}}$	$Q_4''', \text{Вт}$
№1	2,13	1	2130
№2	2,01	1	2010
№3	2,01	1	2010
№4	2,13	1	2130

г) Тепло припливи при відкриванні дверей.

$$Q_4'''' = V \cdot F_{\sigma}, \text{Вт} \quad (5.13)$$

V- питома витрата холоду при відкриванні дверей.

Розраховуємо тепло припливи при відкриванні дверей в камеру №3.

$$Q_4'''' = 5 \cdot 266,76 = 1333,5 \text{ Вт}$$

Загальна сума експлуатаційних тепло припливів від різних джерел для камери №1

$$Q_{4, \text{№1}} = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4'''' , \text{Вт} \quad (5.14)$$

$$Q_{4,№1} = 536 + 1680 + 2130 + 1334 = 5680 \text{ Вт}$$

Таблиця 5.6-Експлуатаційні тепло припливи  $Q_4$

Тепло притоки від електричного Освітлення							Тепло притоки від працюючих людей				Тепло притоки при відкриванні дверей		
№ кам.	$q_4'$ , Вт/м <sup>2</sup>	$j_{св}$	b,м	L,м	F <sub>буд</sub> , м <sup>2</sup>	Q <sub>4'</sub> , кВт	t <sub>кам</sub> , °С	q <sub>4'''</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	n	Q <sub>4''</sub> , Вт	B, Вт/м <sup>2</sup>	Q <sub>4''''</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , Вт
№1	3	0,67	11,4	23,4	266,7	0,54	-25	420	4	1680	5	1333,5	5680
№2	3	0,67	11,4	23,4	266,7	0,54	-25	420	4	1680	5	1333,5	5560
№3	3	0,67	11,4	23,4	266,7	0,54	-25	420	4	1680	5	1333,5	5560
№4	3	0,67	11,6	23,4	271,4	0,54	-25	420	4	1680	5	1357	5712

Таблиця 5.7- Таблиця усіх тепло припливів в камери холодильника

№ кам.	Q <sub>1</sub> ,Вт	Q <sub>2</sub> ,Вт	Q <sub>3</sub> ,Вт	Q <sub>4</sub> ,Вт	Q <sub>5</sub> ,Вт	Q <sub>0</sub> ,Вт
№1	8133	23210	0	5680	0	37023
№2	6571	23210	0	5560	0	35341
№3	6571	23210	0	5560	0	35341
№4	8170	23762	0	5712	0	37644
сума						145349

## 5.4 Визначення теплового навантаження на компресори та холодильне обладнання

Теплове навантаження на холодильне обладнання :

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 29444 + 93392 + 0 + 22512 = 145,35 \text{ кВт} \quad (5.15)$$

Теплове навантаження на компресори:

$$Q_{pk} = \varepsilon_y \cdot \frac{Q_{0p}}{b_k}, \text{ кВт} \quad (5.16)$$

$$Q_{0p} = Q_1 + Q_2 + 0,5 \cdot Q_4 = 29444 + 93392 + 22512 \cdot 0,5 = 134,1 \text{ кВт} \quad (5.17)$$

$b_k = 0,9$  коефіцієнт робочого часу компресора.

$\varepsilon_y = 1,07$  – коефіцієнт витрат при транспортуванні холоду.

$$Q_{pk} = 1,07 \cdot \frac{134,1}{0,9} = 159,4 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 6 РОЗРАХУНОК І ВИБІР КОМПРЕСОРНОГО УСТАТКУВАННЯ

### 6.1 Підбір компресорів для холодильного обладнання

Двох ступенева холодильна машина, яка працює на аміаку  $\text{NH}_3$  з повним проміжним охолодженням і паралельним дроселюванням

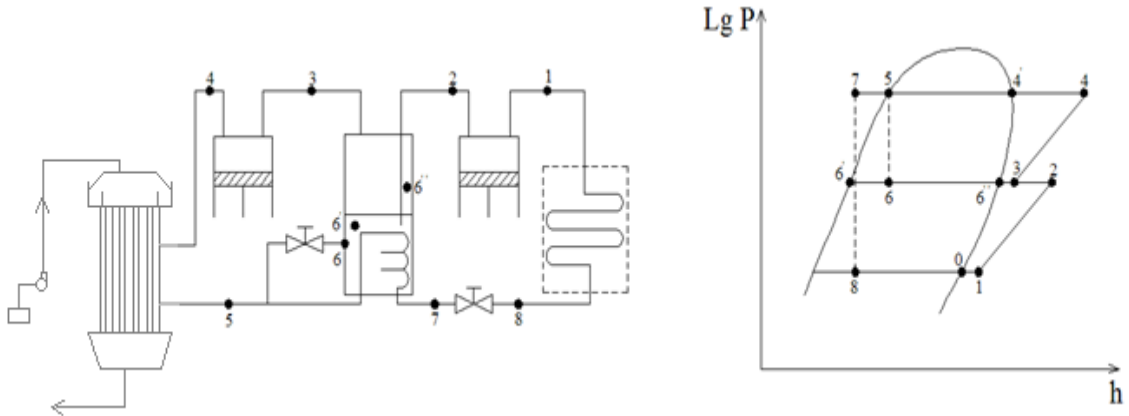


Рисунок 6.1-Цикл і схема холодильної установки

Холодопродуктивність компресорів

$$Q_0^{км} = \frac{\varepsilon_n}{b_k} \cdot Q_0, \text{кВт} \quad (6.1)$$

$b_k$  – коефіцієнт робочого часу компресорів– 0,8

$\varepsilon_n$  – втрати при транспортуванні холоду –1,07.

$Q_0$  – теплове навантаження на компресори;  $Q_0 = 159,4 \text{ кВт}$

$$Q_0^{км} = \frac{1,07}{0,8} \cdot 159,4 = 213,2 \text{ кВт}$$

$t_{\text{кам}} = -25 \text{ (}^\circ\text{C)}$ .

$t_0 = -33 \text{ (}^\circ\text{C)} \rightarrow P_0 = 1,15 \text{ бар}$

$t_k = 35 \text{ (}^\circ\text{C)} \rightarrow P_k = 13,6 \text{ бар}$

$$P_{np} = \sqrt{P_k \cdot P_0} = \sqrt{13,6 \cdot 1,15} = 3,95 \text{ бар} \quad (6.2)$$

Перегрів пароподібного холодильного агента на всмоктуванні  $10 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_1 = t_0 + 10 = -33 + 10 = -23 \text{ }^\circ\text{C} \quad (6.3)$$

Знаходимо точку 7

									КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
										45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$t_7 = t_{np} + 3 = -2 + 3 = 1^\circ\text{C} \quad (6.4)$$

Таблиця 6.1-Параметри циклу

Точки Параметри	0	1	2	3	4	5	6	6'	6''	7	8
t, (°C)	-33	-23	72	3	92	35	-2	-2	-2	1	-33
P, (бар)	1,15	1,15	3,95	3,95	13,6	13,6	3,95	3,95	3,95	13,6	1,15
h, (кДж/кг)	1335	1360	1555	1390	1565	290	290	112	1375	125	125
V, (м <sup>3</sup> /кг)	1,1	1,16	0,42	0,32	0,125						

Питома масова холодопродуктивність

$$q_0 = h_1 - h_8 = 1360 - 125 = 1235 \text{ кДж / кг} \quad (6.5)$$

Масова витрата холодильного агента

$$G_a^{nm} = \frac{Q_0^{KM}}{q_0} = \frac{213,2}{1235} = 0,173 \text{ кг / с} \quad (6.6)$$

$$G_a^{sm} = \frac{G_a^{nm} \cdot (h_{6''} - h_7)}{h_{6''} - h_6} = \frac{0,173 \cdot (1375 - 125)}{1375 - 290} = 0,199 \text{ кг / с} \quad (6.7)$$

Питома робота компресора

$$l^{nm} = h_2 - h_1 = 1555 - 1360 = 195 \text{ кДж / кг} \quad (6.8)$$

$$l^{sm} = h_4 - h_3 = 1565 - 1390 = 175 \text{ кДж / кг} \quad (6.9)$$

Питома об'ємна холодопродуктивність

$$q_v = \frac{q_0}{V_1} = \frac{1235}{1,16} = 1065 \text{ кДж / м}^3 \quad (6.10)$$

Дійсний об'єм холодильного агента, який відсмоктується компресором із випаровувача в одиницю часу

$$V_0^{nm} = G_a^{nm} \cdot V_1 = 0,173 \cdot 1,16 = 0,2 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.11)$$

$$V_0^{sm} = G_a^{sm} \cdot V_3 = 0,199 \cdot 0,32 = 0,064 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.12)$$

Коефіцієнт подачі компресора НТ

$$\lambda^{nm} = \lambda_c \cdot \lambda_w' \quad (6.13)$$

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left( \frac{P_{np}}{P_0} - 1 \right) = 1 - 0,04 \cdot \left( \frac{3,95}{1,15} - 1 \right) = 0,9 \quad (6.14)$$

$c$  – відносна величина “мертвого простору” – 0,04

$$\lambda'_w = \frac{T_0}{T_{np}} = \frac{240}{271} = 0,886 \quad (6.15)$$

$$\lambda^{nm} = 0,9 \cdot 0,886 = 0,8$$

Коефіцієнт подачі компресора ВТ1

$$\lambda^{em} = \lambda_c \cdot \lambda'_w \quad (6.16)$$

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left( \frac{P_k}{P_{np}} - 1 \right) = 1 - 0,04 \cdot \left( \frac{13,6}{3,95} - 1 \right) = 0,9 \quad (6.17)$$

$c$  – відносна величина “мертвого простору” – 0,04

$$\lambda'_w = \frac{T_{np}}{T_k} = \frac{271}{308} = 0,88 \quad (6.18)$$

$$\lambda^{em} = 0,9 \cdot 0,88 = 0,79$$

Об’єм, описаний поршнями компресора НТ в одиницю часу

$$V_h^{nm} = \frac{V_\delta^{nm}}{\lambda^{nm}} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.19)$$

Об’єм, описаний поршнями компресора ВТ в одиницю часу

$$V_h^{em} = \frac{V_\delta^{em}}{\lambda^{em}} = \frac{0,064}{0,79} = 0,081 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.20)$$

Теоретический объем, описанный поршнями компресора

$$V_h = \frac{V_\delta}{\lambda} = \frac{0,012}{0,729} = 0,016 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (6.21)$$

Адиабатная мощность компресора

$$N_a^{nm} = G_a^{nm} \cdot l^{nm} = 0,173 \cdot 195 = 33,7 \text{ кВт}. \quad (6.22)$$

$$N_a^{em} = G_a^{em} \cdot l^{em} = 0,199 \cdot 175 = 34,8 \text{ кВт}.$$

Индикаторная мощность компресора

$$N_i^{nm} = \frac{N_a^{nm}}{\eta_i^{nm}} = \frac{33,7}{0,77} = 44 \text{ кВт}. \quad (6.23)$$

$$\eta_i^{nm} = \lambda_{w'}^{nm} + b \cdot t_o = 0,8 + 0,0025 \cdot (-33) = 0,77$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\eta_i$  -индикаторный ККД

$$N_i^{em} = \frac{N_a^{em}}{\eta_i^{em}} = \frac{34.8}{0.76} = 45.8 \text{ кВт} \quad (6.24)$$

$$\eta_i^{em} = \lambda_w^{em} + b \cdot t_o = 0.79 + 0.0025 \cdot (-33) = 0.76$$

Мощность трения

$$N_{mp}^{um} = V_h^{um} \cdot P_{imp} = 0.25 \cdot 50 = 12.5 \text{ кВт} \quad (6.25)$$

$$N_{mp}^{em} = V_h^{em} \cdot P_{imp} = 0.081 \cdot 50 = 4.05 \text{ кВт}.$$

Эффективная мощность компрессора

$$N_e^{um} = N_{mp}^{um} + N_i^{um} = 12.5 + 44 = 56.5 \text{ кВт} \quad (5.26)$$

$$N_e^{em} = N_{mp}^{em} + N_i^{em} = 4.05 + 45.8 = 50 \text{ кВт}.$$

Электрическая мощность компрессора

$$N_{эл}^{um} = \frac{N_e^{um}}{\eta_{эл.дв}} = \frac{56.5}{0.93} = 60 \text{ кВт} \quad (5.27)$$

$$N_{эл}^{em} = \frac{N_e^{em}}{\eta_{эл.дв}} = \frac{50}{0.92} = 55 \text{ кВт}.$$

Теоретический коэффициент преобразования

$$COP_{теор}^{um} = \frac{q_o}{l^{um}} = \frac{1235}{195} = 6,3 \quad (5.28)$$

$$COP_{теор}^{em} = \frac{q_o}{l^{em}} = \frac{1235}{175} = 7,05$$

Коэффициент преобразования цикла Карно

$$COP_{Карно} = \frac{T_o}{T_k - T_o} = \frac{240}{308 - 240} = 3.5 \quad (5.29)$$

Теоретическая степень термодинамического совершенства

$$\eta_{СТС}^{um теор} = \frac{COP_{теор}^{um}}{COP_{Карно}} = \frac{6,3}{3,5} = 1,8 \quad (5.30)$$

$$\eta_{СТС}^{em теор} = \frac{COP_{теор}^{em}}{COP_{Карно}} = \frac{7.05}{3.5} = 2$$

Действительный коэффициент преобразования

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$COP_{\text{дійств}}^{\text{нм}} = \frac{Q_o}{N_e^{\text{нм}}} = \frac{159.4}{56.5} = 2.8 \quad (5.31)$$

$$COP_{\text{дійств}}^{\text{вм}} = \frac{Q_o}{N_e^{\text{вм}}} = \frac{159.4}{50} = 3.1$$

Действительная степень термодинамического совершенства

$$\eta_{\text{СТС}}^{\text{нм}} = \frac{COP_{\text{дійств}}^{\text{нм}}}{COP_{\text{Карно}}^{\text{нм}}} = \frac{2.8}{3.5} = 0.8 \quad (5.32)$$

$$\eta_{\text{СТС}}^{\text{вм}} = \frac{COP_{\text{дійств}}^{\text{вм}}}{COP_{\text{Карно}}^{\text{вм}}} = \frac{3.1}{3.5} = 0.9$$

По  $V_h^{\text{BT}}$  Вибираємо 2 двохступеневих компресора –АД-55 (сумарне

$V_h^{\text{BT}}=0,0834$  (м<sup>3</sup>/с)).Тоді встановлена холодопродуктивність компресорів:

$$Q_{0,\text{уст.}} = Q_0^{\text{км}} \cdot \frac{V_h^{\text{вм}} \partial}{V_h^{\text{вм}} m} = 213,2 \cdot \frac{0,0834}{0,081} = 219,5 \text{ кВт} \quad (5.33)$$

## 6.2 Підбір компресорів для морозильного обладнання

Дана двох ступенева машина працює по тій же схемі що і попередня.

Холодопродуктивність компресорів

$$Q_0^{\text{км}} = \frac{\varepsilon_n}{b_k} \cdot Q_0, \text{ кВт} \quad (6.21)$$

$b_k$  – коефіцієнт робочого часу компресорів– 0,8

$\varepsilon_n$  – втрати при транспортуванні холоду –1,07.

$Q_0$ – теплове навантаження на компресори;  $Q_0 = 144 \text{ кВт}$

$$Q_0^{\text{км}} = \frac{1,07}{0,9} \cdot 144 = 171,2 \text{ кВт}$$

$t_{\text{заморож.}} = -33 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$t_0 = -40 \text{ (}^\circ\text{C)} \rightarrow P_0 = 0,72 \text{ бар}$

$t_k = 35 \text{ (}^\circ\text{C)} \rightarrow P_k = 13,6 \text{ бар}$

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_k \cdot P_0} = \sqrt{13,6 \cdot 0,72} = 3,13 \text{ бар}$$

Перегрів пароподібного холодильного агента на всмоктуванні  $10 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_1 = t_0 + 10 = -40 + 10 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Знаходимо точку 7

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_7 = t_{np} + 3 = -8 + 3 = -5^\circ\text{C}$$

Таблиця 6.2-Параметри циклу

Точки Параметри	0	1	2	3	4	5	6	6'	6''	7	8
t, (°C)	-40	-30	71	1	110	35	-8	-8	-8	-5	-40
P, (бар)	0,72	0,72	3,13	313	13,6	13,6	3,13	3,13	3,13	13,6	0,72
h, (кДж/кг)	1410	1430	1640	1475	1700	370	370	165	1450	177	177
V, (м <sup>3</sup> /кг)	1,57	1,64	0,52	0,4	0,125						

Питома масова холодопродуктивність

$$q_0 = h_1 - h_8 = 1430 - 177 = 1253 \text{ кДж / кг} \quad (6.22)$$

Масова витрата холодильного агента

$$G_a^{nm} = \frac{Q_0^{km}}{q_0} = \frac{173,2}{1253} = 0,136 \text{ кг / с} \quad (6.23)$$

$$G_a^{sm} = \frac{G_a^{nm} \cdot (h_{6''} - h_7)}{h_{6''} - h_6} = \frac{0,136 \cdot (1450 - 177)}{1450 - 370} = 0,16 \text{ кг / с}$$

Питома робота компресора

$$l^{nm} = h_2 - h_1 = 1640 - 1430 = 210 \text{ кДж / кг} \quad (6.24)$$

$$l^{sm} = h_4 - h_3 = 1700 - 1475 = 225 \text{ кДж / кг}$$

Питома об'ємна холодопродуктивність

$$q_v = \frac{q_0}{V_1} = \frac{1253}{1,64} = 764 \text{ кДж / м}^3 \quad (6.25)$$

Дійсний об'єм холодильного агента, який відсмоктується компресором із випаровувача в одиницю часу

$$V_\partial^{nm} = G_a^{nm} \cdot V_1 = 0,136 \cdot 1,64 = 0,22 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.26)$$

$$V_\partial^{sm} = G_a^{sm} \cdot V_3 = 0,16 \cdot 0,4 = 0,064 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Коефіцієнт подачі компресора НТ

$$\lambda^{nm} = \lambda_c \cdot \lambda_w' \quad (6.27)$$

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left( \frac{P_{np}}{P_0} - 1 \right) = 1 - 0,04 \cdot \left( \frac{3,13}{0,72} - 1 \right) = 0,866$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$c$  – відносна величина “мертвого простору” – 0,04

$$\lambda'_w = \frac{T_0}{T_{np}} = \frac{233}{265} = 0,879,$$

$$\lambda^{nm} = 0,866 \cdot 0,879 = 0,76$$

Коефіцієнт подачі компресора ВТ

$$\lambda^{sm} = \lambda_c \cdot \lambda'_w \quad (6.28)$$

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left( \frac{P_k}{P_{np}} - 1 \right) = 1 - 0,04 \cdot \left( \frac{13,6}{3,13} - 1 \right) = 0,866$$

$c$  – відносна величина “мертвого простору” – 0,04

$$\lambda'_w = \frac{T_{np}}{T_k} = \frac{265}{308} = 0,86$$

$$\lambda^{sm} = 0,866 \cdot 0,86 = 0,74$$

Об’єм, описаний поршнями компресора НТ в одиницю часу

$$V_h^{nm} = \frac{V_\delta^{nm}}{\lambda^{nm}} = \frac{0,22}{0,76} = 0,28 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.29)$$

Об’єм, описаний поршнями компресора ВТ в одиницю часу

$$V_h^{sm} = \frac{V_\delta^{sm}}{\lambda^{sm}} = \frac{0,064}{0,74} = 0,086 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.30)$$

Адиабатная мощность компресора

$$N_a^{nm} = G_a^{nm} \cdot l^{nm} = 0,136 \cdot 210 = 28,6 \text{ кВт} \quad (6.31)$$

$$N_a^{sm} = G_a^{sm} \cdot l^{sm} = 0,16 \cdot 225 = 36 \text{ кВт}.$$

Индикаторная мощность компресора

$$N_i^{nm} = \frac{N_a^{nm}}{\eta_i^{nm}} = \frac{28,6}{0,78} = 36,6 \text{ кВт} \quad (6.32)$$

$$\eta_i^{nm} = \lambda_{w'}^{nm} + b \cdot t_o = 0,88 + 0,0025 \cdot (-40) = 0,78$$

де  $\eta_i$  -індикаторний ККД

$$N_i^{sm} = \frac{N_a^{sm}}{\eta_i^{sm}} = \frac{36}{0,64} = 56,3 \text{ кВт} \quad (6.33)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\eta_i^{em} = \lambda_w^{em} + b \cdot t_o = 0.74 + 0.0025 \cdot (-40) = 0.64$$

Мощность трения

$$N_{mp}^{nm} = V_h^{nm} \cdot P_{imp} = 0.28 \cdot 50 = 14 \text{ кВт} \quad (6.34)$$

$$N_{mp}^{em} = V_h^{em} \cdot P_{imp} = 0.086 \cdot 50 = 4.3 \text{ кВт}.$$

Эффективная мощность компрессора

$$N_e^{nm} = N_{mp}^{nm} + N_i^{nm} = 14 + 36.6 = 50.6 \text{ кВт} \quad (6.35)$$

$$N_e^{em} = N_{mp}^{em} + N_i^{em} = 4.3 + 56.3 = 60.6 \text{ кВт}.$$

Электрическая мощность компрессора

$$N_{эл}^{nm} = \frac{N_e^{nm}}{\eta_{эл.дв}} = \frac{50.6}{0.93} = 54 \text{ кВт} \quad (6.36)$$

$$N_{эл}^{em} = \frac{N_e^{em}}{\eta_{эл.дв}} = \frac{60.6}{0.92} = 66 \text{ кВт}.$$

Теоретический коэффициент преобразования

$$COP_{теор}^{nm} = \frac{q_o}{l^{nm}} = \frac{1235}{210} = 5.9 \quad (6.37)$$

$$COP_{теор}^{em} = \frac{q_o}{l^{em}} = \frac{1235}{225} = 5.6$$

Коэффициент преобразования цикла Карно

$$COP_{Карно} = \frac{T_o}{T_k - T_o} = \frac{233}{308 - 233} = 3.1 \quad (6.38)$$

Теоретическая степень термодинамического совершенства

$$\eta_{СТС}^{nm теор} = \frac{COP_{теор}^{nm}}{COP_{Карно}} = \frac{5.9}{3.1} = 1.9 \quad (6.39)$$

$$\eta_{СТС}^{em теор} = \frac{COP_{теор}^{em}}{COP_{Карно}} = \frac{5.6}{3.1} = 1.8$$

Действительный коэффициент преобразования

$$COP_{действ}^{nm} = \frac{Q_o}{N_e^{nm}} = \frac{171.2}{50.6} = 3.38 \quad (6.40)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$COP_{действ}^{эм} = \frac{Q_o}{N_e^{эм}} = \frac{171.2}{60.6} = 2.8$$

Действительная степень термодинамического совершенства

$$\eta_{СТС}^{нт\, действ} = \frac{COP_{действ}^{нт}}{COP_{Карно}} = \frac{3.38}{3.1} = 1.09 \quad (6.41)$$

$$\eta_{СТС}^{эм\, действ} = \frac{COP_{действ}^{эм}}{COP_{Карно}} = \frac{2.8}{3.1} = 0.9$$

По  $V_h^{BT}$  Выбираємо 2 двухступеневих компресора –АД-55 (сумарне

$V_h^{BT}=0,0834$  (м<sup>3</sup>/с)).Тоді встановлена холодопродуктивність компресорів:

$$Q_{0,уст.} = Q_0^{км} \cdot \frac{V_h^{эм} \delta}{V_h^{эм} m} = 192,6 \cdot \frac{0,0834}{0,086} = 186,8 \text{ кВт} \quad (6.42)$$

## 7 РОЗРАХУНОК ВЕРТИКАЛЬНОГО КОЖУХОТРУБНОГО КОНДЕНСАТОРА

### 7.1 Тепловий розрахунок конденсатора

Вихідні дані:

Теплове навантаження:  $Q_k^{заг.}=560$ кВт;

Температура води на вході в апарат:  $t_{w1}=26$  °С;

Температура води на виході з апарата:  $t_{w2}=32$  °С;

Температура конденсації холодильного агенту:  $t_k=35$  °С;

Висота труб апарату:  $H=4,5$  м;

Апарат виконаний із сталевих труб діаметром  $57 \times 3,5$  мм;

Холодильний агент:  $NH_3$

Визначаємо теплове навантаження на конденсатор від холодильного обладнання:

$$Q_k^{х.о.} = G_a^{эм} \cdot (h_4 - h_5) \cdot \frac{N_i}{N_a} \cdot \frac{V_h^{в.д.}}{V_h^{в.м.}} = 0,199 \cdot 1275 \cdot 1,18 \cdot 1,03 = 308 \text{ кВт} \quad (7.1)$$

Визначаємо теплове навантаження від морозильного обладнання:

$$Q_k^{м.о.} = G_a^{эм} \cdot (h_4 - h_5) \cdot \frac{N_i}{N_a} \cdot \frac{V_h^{в.д.}}{V_h^{в.м.}} = 0,16 \cdot 1330 \cdot 1,22 \cdot 0,97 = 252 \text{ кВт} \quad (7.2)$$

Загальне теплове навантаження на конденсатор складатиме:

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$Q_k^{заг.} = Q_k^{x.o.} + Q_k^{m.o.} = 308 + 252 = 560 \text{ кВт} \quad (7.3)$$

Визначаємо масову витрату води:

$$G_w = \frac{Q_k^{заг.}}{c_w \cdot \Delta t_w}, \text{ кг / с} , \quad (7.4)$$

де:  $\Delta t_w$  - глибина нагрівання в конденсаторі :

$$\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 32 - 26 = 6^\circ\text{C} \quad (7.5)$$

$$t_{сер.w} = t_{w1} + 0,5 \cdot \Delta t_w = 26 + 0,5 \cdot 6 = 29^\circ\text{C} \quad (7.6)$$

$c_w$ - питома теплоємність води, (кДж/кг·К) при середній температурі;

$c_w=4,175$  кДж/кг·К;

Визначаємо теплофізичні властивості води при  $t_{сер w}$  за довідковими посібниками

$\nu_w$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості, для  $t_{сер w}=29^\circ\text{C}$ ;  $\nu_w=0,82 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;

$\mu$ - коефіцієнт динамічної в'язкості;  $\mu=8,2 \cdot 10^{-4}$  Па·с ;

$Pr_{пл}$ - число Прандля ;  $Pr_{пл}=5,5$ .

$\lambda_w$ - коефіцієнт теплопровідності,  $\lambda_w=61,6 \cdot 10^{-2}$  Вт/м·к

$$G_w = \frac{560}{4,175 \cdot 6} = 22,35 \text{ кг / с}$$

Визначаємо середню логарифмічну різницю температур в апараті

$$\theta_{cp} = \frac{(t_{w2} - t_{w1})}{\ln[(t_k - t_{w1}) / (t_k - t_{w2})]} = \frac{(32 - 26)}{\ln[(35 - 26) / (35 - 32)]} = 5,5^\circ\text{C} \quad (7.7)$$

Задаємося інтервалом зміни щільності теплового потоку, віднесеного до внутрішньої,  $q_{вн}=4000-6500$  Вт/м<sup>2</sup> з шагом її зміни 500 Вт/м<sup>2</sup> і проводимо варіантні розрахунки. Результати розрахунків зводимо до таблиці 6.1

Розрахунки в таблиці проводяться по слідуючим формулам:

Число Галілея:

$$Ga_{пл} = \frac{g \cdot H^3}{\nu_w^2} = \frac{9,81 \cdot 4,5^3}{(0,82 \cdot 10^{-6})^2} = 1,33 \cdot 10^{15} \quad (7.8)$$

Теплофізичні властивості рідкого аміаку при  $t_k=35^\circ\text{C}$ :

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho=587,25 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu=12,65 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\lambda=0,4455 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)};$$

$\Delta i$ - різниця ентальпій перегрітого пару і рідкого аміаку,

$$\Delta i=1630-330=1300 \text{ кДж/кг}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від конденсуючого аміаку:

$$\alpha = 0,943 \cdot \left[ \frac{\Delta i \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot \theta_0 \cdot H} \right]^{0,25} =$$

$$= 0,943 \cdot \left[ \frac{1300 \cdot 10^3 \cdot 587,25^2 \cdot 0,4455^3 \cdot 9,81}{12,65 \cdot 10^{-5} \cdot \theta_0 \cdot 4,5} \right]^{0,25} =$$

$$= 4821 \cdot \theta_0^{-0,25} \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (7.9)$$

де  $\theta_0=t_k-t_{ст}$  – різниця між температурами конденсації агента і зовнішньої стінки труби, °С.

Таблиця 7.1-Результати варіантних розрахунків параметрів конденсатора

№ п/п	Визначальний параметр (прийняті значення)	Щільність теплового потоку $q_{вн}$ , Вт/м <sup>2</sup>			
		4000	4500	5500	6500
1	2	3	4	6	8
1	Площа внутрішньої поверхні апарату, $m^2 F_{вн}=Q_k \cdot 10^3 / q_{вн}$	140	124,4	101,8	86,2
2	Число труб в апараті $n= F_{вн} / \pi \cdot d_{вн} \cdot H$ , шт	198,2	176	144,1	122
3	Режим руху плівки води, $Re_{пл}=4 \cdot G_w \cdot H / F_{вн} \cdot \mu$	3504	3944	4818	5690
4	Число Нусельта плівки води $Nu_{пл}=$ $=0,01 \cdot (Ga_{пл} Pr_{пл} \cdot Re_{пл})^{1/3}$	25403	26415	28219	29811
5	Коефіцієнт тепловіддачі на стороні води $\alpha_{пл}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К): $\alpha_{пл}= Nu_{пл} \cdot \lambda_w / H$ ;	3478	3616	3863	4081

Щільність теплового потоку, відносно до зовнішньої поверхні апарату, рівна:

на стороні агенту:

$$q_F = \alpha \cdot \theta_0 = A \cdot \theta^{0,75} = 4821 \cdot \theta^{0,75} \text{ Вт / м}^2 \quad (7.10)$$

де:

$$A = 0,943 \cdot \left[ \frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot H} \right]^{0,25} =$$

$$= 0,943 \cdot \left[ \frac{111 \cdot 10^3 \cdot 587,25^2 \cdot 0,4455^3 \cdot 9,81}{12,65 \cdot 10^{-5} \cdot 4,5} \right]^{0,25} = 4821 \quad (7.11)$$

$r = \Delta i$ .

на стороні води:

$$q_F = \frac{\theta_w}{\left( \frac{1}{\alpha_{nl}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \right) \cdot \frac{d_3}{d_{вн}}} = \frac{\theta_w}{\left( \frac{1}{\alpha_{nl}} + 0,79 \cdot 10^{-3} \right) \cdot \frac{0,057}{0,05}} =$$

$$= 0,877 \cdot \frac{\theta_w}{\left( \frac{1}{\alpha_{nl}} + 0,79 \cdot 10^{-3} \right)}, \text{ Вт / м}^2 \quad (7.12)$$

де  $\sum \delta/\lambda$  – термічний опір стінки труби і забруднень.

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_k}{\lambda_k}, (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт} \quad (7.13)$$

$$\frac{\delta_m}{\lambda_m} = 0,4 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

$$\frac{\delta_k}{\lambda_k} = 0,3 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

$$\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} = 0,9 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = 0,4 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 10^{-3} + 0,9 \cdot 10^{-4} = 0,79 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

Вирішуємо систему нерівностей графоаналітичним методом в точках

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетину графіків, визначаємо розрахункові значення щільності теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні апарату  $q_F$ .

Задаючись значенням  $\theta_w=5,5^\circ\text{C}$ , знаходимо щільність теплового потоку, віднесеного до внутрішньої поверхні апарату на стороні води:

Для ряду 1  $q_F=4660 \text{ Вт/м}^2$ ; (режим  $q_{вн}=6500 \text{ Вт/м}^2$ )

Для ряду 2  $q_F=4603 \text{ Вт/м}^2$ ; (режим  $q_{вн}=5500 \text{ Вт/м}^2$ )

Для ряду 3  $q_F=4525 \text{ Вт/м}^2$ ; (режим  $q_{вн}=4500 \text{ Вт/м}^2$ )

Для ряду 4  $q_F=4475 \text{ Вт/м}^2$ ; (режим  $q_{вн}=4000 \text{ Вт/м}^2$ )

За отриманими даними, в координатах  $q_F = \theta_{cp}$  будуємо лінійні графіки залежностей  $q_F = f(\theta_w)$ , приймаючи за початок координат точку  $\theta_{cp}=0^\circ\text{C}$

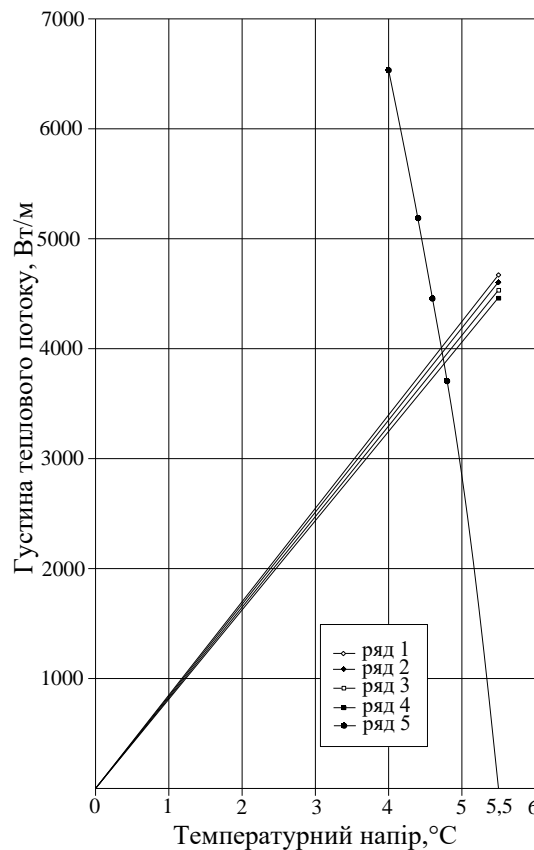


Рисунок 7.1-Графіки залежності  $q_F=f(\theta_{cp})$

Задаючись рядом значень  $\theta_0$ , знаходимо щільність теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні апарату на стороні агента.

$\theta_0, ^\circ\text{C}$	0,7	0,9	1,1	1,5
$q_F, \text{Вт/м}^2$	3689	4455	5178	6534

За отриманими даними, в координатах  $q_F$ -  $\theta_{cp}$  будемо графік залежності  $q_F=f(\theta_0)$ , приймаючи за початок координат точку  $\theta_{cp}=5,5$  °С. В точках перетину графіків, знаходимо розрахункові значення щільностей теплових потоків апарату  $q_F$ , віднесених до зовнішньої поверхні.

Отримані розрахункові значення  $q_F$  заносимо до таблиці 2 та продовжуємо розрахунок значень щільності теплових потоків, віднесених до внутрішньої поверхні апарату і чисел труб в апараті.

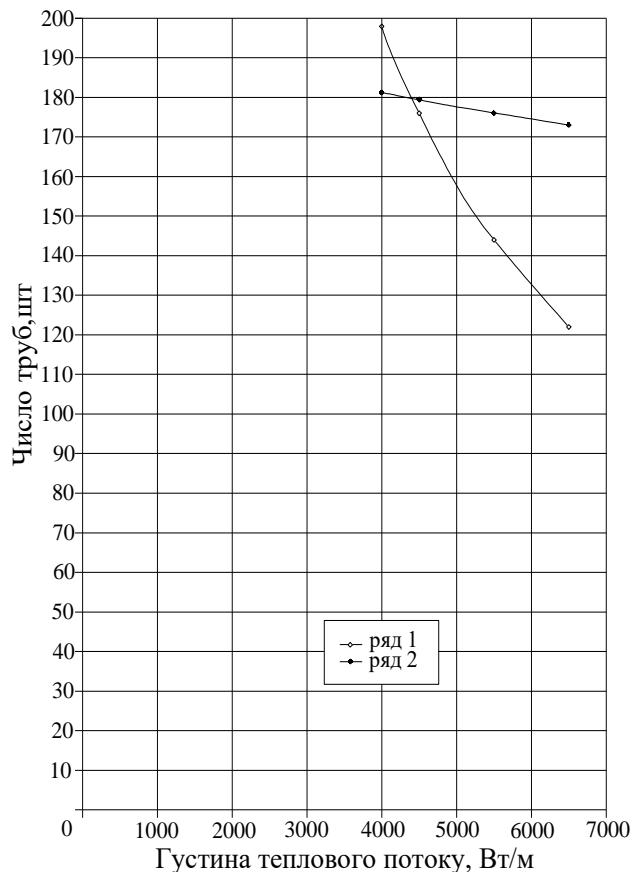


Рисунок 7.2-Графіки залежності густини теплових потоків  $q_{вн}$  від числа труб в апараті.

В координатах  $q_{вн}$ - $n$ , будемо графік розрахункових ( ряд 2) та прийнятих ( ряд 1) залежностей щільності теплових потоків, віднесених до внутрішньої поверхні апарату, від числа труб в апараті. В точці перетину графіків знаходимо значення щільності теплового потоку  $q_{вн}$ , і дійсне число труб в апараті

Таблиця 7.2- Результати варіантних розрахунків параметрів  
конденсатора

№ п.п.	Шукаємий параметр	Щільність теплового потоку – $q_{вн}$ , Вт/м <sup>2</sup>			
		4000	4500	5500	6500
1	2	3	4	5	6
2	Розрахункове значення $q_F$ , Вт/м <sup>2</sup>	3830	3890	3955	4015
3	Розрахункове значення щільності теплового потоку, віднесеного до внутрішньої поверхні апарату, $q_{вн}=q_F \cdot d_{зв}/d_{вн}$ , Вт/м <sup>2</sup>	4355	4435	4509	4577
4	Розрахункове число труб в апараті $n=Q_k \cdot 10^3 / (q_F \cdot \pi \cdot d_{зн} \cdot H)$ , шт..	182	179	176	173

$$q_{вн}=4400 \text{ Вт/м}^2 \quad n=180 \text{ шт.}$$

Площа внутрішньої поверхні апарату складає:

$$F_{вн} = \frac{Q_k \cdot 10^3}{4400} = \frac{560 \cdot 10^3}{4400} = 127,3 \text{ м}^2 \quad (7.14)$$

По даним розрахункам підбираємо 3 вертикальних кожухотрубних конденсатори типу 50КВИ (А) з загальною площею зовнішньої поверхні теплообміну 150 м<sup>2</sup>.

## 7.2 Конструктивний розрахунок конденсатора

Для знаходження конструктивних параметрів трубної решітки приймаємо крок труб в апараті.

$$S = 1,35 \cdot d_{зн} = 1,35 \cdot 0,057 = 0,077 \text{ м} \quad (7.15)$$

Вибираємо число труб на великій діагоналі трубної решітки  $m=9$  та їх сумарну кількість в апараті  $n_{тр}=61$ .

Остаточні геометричні розміри конденсатору будуть такі:

Діаметр трубної решітки:

$$D_{вн} = m \cdot S = 9 \cdot 0,077 = 0,7 \text{ м} \quad (7.16)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота апарату:

$$H=4,5 \text{ м};$$

Площа зовнішньої поверхні:

$$F_{зв} = \pi \cdot d_{зв} \cdot H \cdot n_{тр} = 3,14 \cdot 0,057 \cdot 4,5 \cdot 61 = 49,1 \text{ м} \quad (7.17)$$

Площа внутрішньої поверхні:

$$F_{вн} = \pi \cdot d_{вн} \cdot H \cdot n_{тр} = 3,14 \cdot 0,05 \cdot 4,5 \cdot 61 = 43,1 \text{ м} \quad (7.18)$$

## 8 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

При проведенні розрахунку приймаємо наступні параметри:

Теплове навантаження –  $Q_0=37,64$  кВт

Температура кипіння  $t_0=-33$  °С

Температура повітря у камері  $t_{кам}=-25$  °С

Відносна вологість повітря в камері  $\phi_k=90$  %

Основні параметри поверхні теплообміну:

- труба сталева, безшовна  $\phi 25 \cdot 2,5$  мм

- діаметр труби зовнішній  $d_{н}=0,025$  м

- діаметр труби внутрішній  $d_{вн}=0,02$  м

- матеріал - сталь 10

- тип ребер – круглі

- матеріал ребра – сталь

- висота ребра  $h_p=0,021$  м

- товщина ребра  $\delta_p=0,001$  м

- крок ребер  $u_p=0,010$  м

- крок труб по вертикалі  $S_1=0,065$  м

- крок між рядами труб по горизонталі  $S_2=0,065$  м

- товщина інею  $\delta_{ін}=0,003$  м

- розташування труб – коридорне

Внутрішня поверхня ребристого елемента:

$$F_g = \pi \cdot d_g \cdot u = 3,14 \cdot 0,02 \cdot 0,01 = 0,000628 \text{ м}^2 \quad (8.1)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня поверхня ребра ребристого елемента:

$$F_p = \frac{1}{2} \cdot \pi (D^2 - d_3^2) + \pi \cdot D \cdot \delta_{e.p.} =$$
$$= 1,57 \cdot 0,042^2 + 3,14 \cdot 0,067 \cdot 0,001 = 0,00627 \text{ м}^2 \quad (8.2)$$

Зовнішня поверхня міжреберної порожнини ребристого елемента:

$$F_{mp} = \pi \cdot d_{zn} (u - \delta_p) = 3,14 \cdot 0,025 (0,01 - 0,001) = 0,000707 \text{ м}^2 \quad (8.3)$$

Коефіцієнт оребрення без інею:

$$\beta = F_{mp} / F_e = (0,000707 / 0,000628) = 11,7 \quad (8.4)$$

$$F_n = F_{mp} + F_e = 0,000707 + 0,000628 = 0,001335 \text{ м}^2 \quad (8.5)$$

$$\varphi = F_n / (\pi \cdot d_{zn} \cdot u_p) = (0,001335) / (3,14 \cdot 0,025 \cdot 0,01) = 8,9 \quad (8.6)$$

Зовнішня поверхня ребра з урахуванням інею:

$$F_{p.in.} = \frac{\pi}{2} [(D_p + 2 \cdot \delta_{in})^2 - (d_n + 2 \cdot \delta_{in})^2] + \pi \cdot (D_p + 2 \cdot \delta_{in}) \cdot (\delta_{in} + 2 \cdot \delta_{in}) =$$
$$= 1,57 \cdot [(0,067 + 2 \cdot 0,003)^2 - (0,001 + 2 \cdot 0,003)^2] + 3,14 \cdot (0,067 + 2 \cdot 0,003) \cdot$$
$$(0,001 + 2 \cdot 0,003) = 0,0099 \text{ м}^2 \quad (8.7)$$

Зовнішня поверхня міжреберної порожнини з урахуванням інею:

$$F_{zn.in.} = \pi (d_n + 2 \delta_{in}) [u - (\delta_p + 2 \delta_{in})], \text{ м}^2$$
$$F_{zn.in.} = 3,14 \cdot (0,025 + 0,006) [0,01 - (0,001 + 0,006)] = 0,000292 \text{ м}^2 \quad (8.8)$$

Коефіцієнт оребрення з урахуванням інею:

$$\beta = F_{in} / F_e = (0,010192 / 0,000628) = 15,1 \quad (8.9)$$

Температура кипіння холодильного агента:  $t_0 = -33 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура поверхні інею:

$$t_s = t_0 + (0,5 \div 8) = -33 + 5,5 = -27,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad (8.10)$$

Визначальна температура:

$$t_m = 0,5 \cdot (t_k + t_n) = 0,5(-25 - 27,5) = -26,25 \text{ }^\circ\text{C} \quad (8.11)$$

Фізичні параметри повітря при  $t_m = -26,25 \text{ }^\circ\text{C}$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт кінематичної в'язкості:  $\nu = 0,114 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}$

- коефіцієнт теплопровідності:  $\lambda = 2,23 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$

-  $Pr = 0,72$  – число Прандтля

Число Рейнольдса:

$$Re = (w_g \cdot u) / \nu_g = (4 \cdot 0,01) / (1,14 \cdot 10^{-5}) = 3508 \quad (8.12)$$

Задаємось швидкістю повітря в живому перерізі повітроохолоджувача

$$w_g = 4 \text{ м} / \text{с}$$

Число Нусельта:

$$Nu = C \cdot Re^m \left( \frac{d_H}{u} \right)^{-0,54} \cdot \left( \frac{h_P}{u_P} \right)^{-0,14} \cdot Re^m = 0,096 \cdot \left( \frac{0,025}{0,01} \right)^{-0,54} \cdot \left( \frac{0,021}{0,01} \right)^{-0,14} \cdot 3508^{0,72} = 18,8 \quad (8.13)$$

де  $C = 0,096$  для коридорного пучка труб,  $m = 0,72$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до повітря:

$$\alpha_K = Nu \cdot \frac{\lambda_g}{u} = 18,8 \cdot \frac{0,023}{0,01} = 43,2 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (8.14)$$

Коефіцієнт вологовипадіння дорівнює:

$$\xi = \frac{1 + (d_K - d_H'')(r - h_w)}{C_p (t_K - t_H)} = \frac{1 + (0,351 \cdot 10^{-3} - 0,317 \cdot 10^{-3})(2835 + 53,6)}{1,00665(-25 + 27)} = 1,046 \quad (8.15)$$

де  $d_K = 0,351 \cdot 10^{-3}$  (кг/кг) – вологовміст повітря в камері при  $-25$  °С

$d_H'' = 0,317 \cdot 10^{-3}$  (кг/кг) – вологовміст повітря при температурі поверхні

батареї (інею);

$r = 2835$  кДж / кг прихована теплота пароутворення

$$h_w = 2,09 \cdot t_H = 2,09 \cdot (-27) = -53,6 \text{ кДж} / \text{кг} \quad (8.16)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$C_p = 1,006 + 1,87 \cdot d_{\text{кам.}} = 1,006 + 1,87 \cdot 0,351 \cdot 10^{-3} = 1,00665 \text{ кДж / кг} \quad (8.17)$$

$C_p$  – питома теплоємність вологого повітря

Таблиця 8.1-Параметри повітря в точках

№ точки	t, °C	d·10 <sup>3</sup> , кг/кг	h, кДж/кг	φ, %
1	-25	0,391·10 <sup>3</sup>	-25,15	90
2	-26,25	0,351·10 <sup>3</sup>	-26,16	97
3	-27,5	0,317·10 <sup>3</sup>	-28,16	100

Коефіцієнт тепловіддачі з обліком інею:

$$\alpha'_k = \alpha_k \cdot \xi = 43,2 \cdot 1,047 = 45,2 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (8.18)$$

Наведений коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням термічного опору інею:

$$\alpha_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_k} + \frac{\delta_{in}}{\lambda_{in}}} = \frac{1}{\frac{1}{45,2} + \frac{0,003}{0,2}} = 27 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (8.19)$$

Умовна висота ребра (для ребра круглої форми:

$$h' = h_p \left[ 1 + 0,805 \cdot \log \left( \frac{D_p + 2 \cdot \delta_{in}}{d_n + 2 \cdot \delta_{in}} \right) \right] =$$

$$= 0,021 \cdot \left[ 1 + 0,805 \cdot \log \left( \frac{0,067 + 2 \cdot 0,003}{0,025 + 2 \cdot 0,003} \right) \right] = 0,0277 \text{ м} \quad (8.20)$$

Безрозмірний комплекс:

$$mh = h' \left[ \frac{2 \cdot \alpha_{np}}{\delta_{ср.р} \cdot \lambda_p} \right]^{0,5} = 0,0277 \cdot \left[ \frac{2 \cdot 27}{0,001 \cdot 45} \right]^{0,5} = 0,96 \quad (8.21)$$

Коефіцієнт ефективності ребра

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,96)}{0,96} = 0,775 \quad (8.22)$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

без інею:

$$\begin{aligned}\alpha_{ym} &= \alpha_{np} \cdot \left[ \left( \frac{F_p \cdot E}{F_n} \right) + \frac{F_{m,p}}{F_n} \right] = \\ &= 27 \cdot \left[ \left( \frac{0,00627 \cdot 0,775}{0,00697} \right) + \frac{0,000707}{0,00697} \right] = 25,1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})\end{aligned}\quad (8.23)$$

Щільність теплового потоку, віднесеного до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{\text{вн}} = \alpha'_k \cdot (t_k - t_0) \cdot \beta_{\text{вн}} = 45,2 \cdot (-25 + 27,5) \cdot 15,1 = 1464,5 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (8.24)$$

Коефіцієнт тепловіддачі на стороні холодильного агента (аміака):

$$\begin{aligned}\alpha_a &= (103,2 + 0,19 \cdot t_0) \cdot q_{\text{вн}}^{0,25} = \\ &= (103,2 + 0,19 \cdot (-33)) \cdot 1464,5^{0,25} = 599,6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})\end{aligned}\quad (8.25)$$

Коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні батареї (інею), без врахування малого термічного опору стінки труби:

$$k_n = \left( \frac{1}{\alpha_{ym}} + \frac{\beta'}{\alpha_a} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{25,1} + \frac{15,1}{599,6} \right)^{-1} = 13,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (8.26)$$

Щільність теплового потоку від поверхні інею:

$$q_n = k_n \cdot (t_k - t_0) = 13,5 \cdot (-25 + 33) = 108,8 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (8.27)$$

Розрахункова різниця температур повітря камери і поверхні інею

$$\Delta t_1 = t_k - t_n = -25 + 27,5 = 2,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad (8.28)$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t_2 = \frac{q_n}{\alpha'_k} = \frac{108,8}{45,2} = 2,4 \text{ }^\circ\text{C} \quad (8.29)$$

Відносна похибка прийнятого і розрахункового температурних напорів складає:

$$\left[ \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\Delta t_2} \right] \cdot 100\% = \left[ \frac{2,5 - 2,4}{2,4} \right] \cdot 100\% = 4,16\% \quad (8.30)$$

Площа зовнішньої поверхні батареї (інею)

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$F_{in} = \frac{Q_{0обл} \cdot 10^3}{k \cdot (t_k - t_0)} = \frac{37,64 \cdot 10^3}{13,5 \cdot (-25 + 33)} = 348,5 \text{ м}^2 \quad (8.31)$$

Приймаємо площу зовнішньої поверхні батареї(інею)  $F_{in}=400 \text{ м}^2$  (з запасом)

Площа зовнішньої поверхні батареї без інею

$$F_n = F_{in} \cdot \frac{\beta}{\beta_{in}} = 400 \cdot \frac{11,7}{15,7} = 310 \text{ м}^2 \quad (8.32)$$

Встановлюємо повітроохолоджувач типу ВОП-100 – 4 шт.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9 РОЗРАХУНОК ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ

### 9.1 Циркуляційний ресивер для $t_0 = -33^\circ\text{C}$

Розраховуємо необхідний об'єм циркуляційного ресивера в насосно-циркуляційній системі з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження

$$V_{\text{ц}} = 2 \cdot (V_{\text{н.т}} + 0,2 \cdot V_{\text{н}} + V_{\text{вс.пр}} \cdot 0,25), \text{ м}^3, \quad (9.1)$$

де:  $V_{\text{вс.пр}}$  – геометрична ємність відсмоктуючих трубопроводів від повітроохолоджувачів,  $\text{м}^3$

$V_{\text{н}}$  – місткість випарної системи по аміаку,  $\text{м}^3$

$V_{\text{н.т}}$  – геометрична ємність нагнітального трубопровода аміачного насоса,  $\text{м}^3$

Місткість повітроохолоджувача ВОП – 100 становить  $30 \text{ л.} = 0,03 \text{ м}^3$ .

В даній холодильній системі 16 повітроохолоджувачів, значить повний об'єм випарної системи становить  $0,48 \text{ м}^3$

$$V_{\text{вс.пр.}} = L_{\text{тр}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}, \text{ м}^3, \quad (9.2)$$

де:  $L_{\text{тр}}$  – сумарна довжина всіх відсмоктуючих трубопроводів від повітроохолоджувачів,  $L_{\text{тр}} = 370 \text{ м}$

$$V_{\text{вс.пр.}} = 370 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,07^2}{4} = 1,42 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ц}} = 2 \cdot (0,726 + 0,2 \cdot 0,48 + 1,42 \cdot 0,25) = 2,35 \text{ м}^3$$

Приймаємо до установки ресивер марки 2,5 РДВ – 1 шт

### 9.2 Циркуляційний ресивер для $t_0 = -40^\circ\text{C}$

Розраховуємо необхідний об'єм циркуляційного ресивера в насосно-циркуляційній системі з нижньою подачею аміаку у прилади охолодження

$$V_{\text{ц}} = 2 \cdot (V_{\text{н.т}} + 0,2 \cdot V_{\text{н}} + V_{\text{вс.пр}} \cdot 0,25), \text{ м}^3,$$

де:  $V_{\text{вс.пр}}$  – сумарна ємність відсмоктуючи трубопроводів і зливу циркулюючого рідкого аміаку,  $\text{м}^3$

$V_{\text{н}}$  – місткість випарної системи по аміаку,  $\text{м}^3$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$V_{н.т}$  – геометрична ємність нагнітального трубопровода аміачного насоса,  $м^3$

Місткість морозильного апарата МАР – 8А становить 40 л.=0,04  $м^3$ .

В даній холодильній системі 3 морозильних апарата, значить повний об'єм випарної системи апаратів становить 0,12  $м^3$

$$V_{вс.пр.} = L_{тр} \cdot \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4}, \text{ м}^3$$

де:  $L_{тр}$  – сумарна довжина всіх відсмоктуючих трубопроводів від морозильних апаратів,  $L_{тр} = 80 \text{ м}$

$$V_{вс.пр.} = 70 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 1,24 \text{ м}^3$$

$$V_{ц} = 2 \cdot (0,157 + 0,2 \cdot 0,12 + 1,41 \cdot 0,25) = 1,07 \text{ м}^3$$

Приймаємо до установки ресивер марки 1,5 РДВ – 1 шт.

### 9.3 Лінійний ресивер

Розраховуємо об'єм лінійного ресивера в насосно-циркуляційній системі з нижньою подачею аміаку в камери приладів охолодження:

$$V_{л.р} = 1,2 \cdot \frac{0,45 \cdot V_n}{0,8}, \text{ м}^3, \quad (9.3)$$

де:  $V_n$  – загальна місткість випарної системи холодильника по аміаку

$$V_n = 0,48 + 0,12 = 0,6 \text{ м}^3 \quad (9.4)$$

0,45 – коефіцієнт, що враховує норму заповнення приладів охолодження;

0,8 – коефіцієнт, що враховує норму заповнення ресивера;

1,2 – коефіцієнт запасу.

Об'єм лінійного ресивера:

$$V_{л.р} = 1,2 \cdot \frac{0,45 \cdot 0,6}{0,8} = 0,405 \text{ м}^3$$

Підбираємо лінійний ресивер марки 0,75 РД.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9.4 Дренажний ресивер

Ємність дренажних ресиверів визначають, виходячи з можливості Прийому рідкого аміаку з усіх приладів охолодження з збільшенням отриманого розрахункового обсягу на 20%.

$$V_{\partial} = 1,2 \cdot V_n, \text{ м}^3, \quad (9.5)$$

де: 0,6 – місткість випарної системи холодильника

$$V_{\partial} = 1,2 \cdot 0,6 = 0,72 \text{ м}^3$$

Приймаємо до установки ресивер марки 0,75 РД – 1шт.

## 9.5 Розрахунок аміачного насоса для $t_0 = -33^{\circ}\text{C}$

Насос підбираємо в залежності від розходу холодоагенту і напору, відповідного даній системі охолодження. Подачу циркуляційного насоса  $G_n$  розраховуємо в залежності від потрібної кратності циркуляції:

$$G_n = n \cdot \frac{Q_0}{r \cdot \rho'}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (9.6)$$

де:  $Q_0$  – теплове навантаження системи, яка обслуговується насосом;

$n$  – кратність циркуляції; для насосних схем охолодження з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження  $n = 5$ ;

$r = 1370 \text{ кДж/кг}$  при  $t_0 = -33^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho' = 682 \text{ кг/м}^3$

$$G_n = 5 \cdot \frac{159,4}{1370 \cdot 682} = 8,54 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} = 3,01 \text{ м}^3 / \text{год}$$

При визначенні повного напору насоса  $H$  гідравлічні втрати в мережі  $\Delta p$  (в Па) на тертя і місцеві опори знаходять за формулою:

$$\Delta p = \lambda_{тр} \cdot \left( \frac{l}{d_{вн}} + \sum A \right) \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho, \text{ Па}, \quad (9.7)$$

де:  $\lambda_{тр}$  – коефіцієнт опору тертя по довжині трубопроводу

( $\lambda_{тр} = 0,035$  – для аміаку);

$l$  – довжина трубопроводу, м;

$d_{вн}$  – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$A$  - коефіцієнт, що враховує місцеві опори;

$\omega$ - швидкість руху середовища в трубі, м / с;

$\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>

$$\Delta p = 0,035 \cdot \left( \frac{370}{0,05} + 12000 \right) \cdot \frac{0,6^2}{2} \cdot 682 = 83,4 \text{ кПа}$$

По розрахованому напору і продуктивності вибираємо для циркуляційного ресиверу на  $t_0 = -33^\circ\text{C}$  2 центробіжних аміачних насоси марки ЦНГ-70М-1.

### 9.6 Розрахунок аміачного насоса для $t_0 = -40^\circ\text{C}$

Насос підбираємо в залежності від розходу холодоагенту і напору, відповідного даній системі охолодження. Подачу циркуляційного насоса  $G_n$  розраховуємо в залежності від потрібної кратності циркуляції:

$$G_n = n \cdot \frac{Q_0}{r \cdot \rho'}, \text{ м}^3 / \text{с},$$

де:  $Q_0$  – теплове навантаження системи, яка обслуговується насосом;

$n$  – кратність циркуляції; для насосних схем охолодження з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження  $n = 5$ ;

$r = 1390 \text{ кДж/кг}$  при  $t_0 = -33^\circ\text{C}$ ;  $\rho' = 690 \text{ кг/м}^3$

$$G_n = 5 \cdot \frac{144}{1390 \cdot 690} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 2,7 \text{ м}^3 / \text{год}$$

При визначенні повного напору насоса  $H$  гідравлічні втрати в мережі  $\Delta p$  (в Па) на тертя і місцеві опори знаходять за формулою:

$$\Delta p = \lambda_{тр} \cdot \left( \frac{l}{d_{вн}} + \sum A \right) \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho, \text{ Па}$$

де:  $\lambda_{тр}$  – коефіцієнт опору тертя по довжині трубопроводу ( $\lambda_{тр} = 0,035$  – для аміаку);

$l$ -довжина трубопроводу, м;

$d_{вн}$  - внутрішній діаметр трубопроводу, м;

$A$  - коефіцієнт, що враховує місцеві опори;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\omega$  - швидкість руху середовища в трубі, м / с;

$\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>

$$\Delta p = 0,035 \cdot \left( \frac{70}{0,05} + 5000 \right) \cdot \frac{0,6^2}{2} \cdot 690 = 27,82 \text{ кПа}$$

По розрахованому напору і продуктивності вибираємо для циркуляційного ресивера на  $t_0 = -40^\circ\text{C}$  2 центробіжних аміачних насоси марки ЦНГ-70М-1.

### 9.7 Підбір водяного насоса

Для циркуляції води в системах водопостачання холодильних установок рекомендується застосовувати насоси типу К (консольні).

Продуктивність насосів  $V$  (в м<sup>3</sup>/ч) визначають з масової витрати води

$$G_w = 22,35 \text{ кг/с} = 80,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Так як у нас 3 конденсатори, то продуктивність одного насоса буде  $V = 27 \text{ м}^3/\text{ч}$

По розрахунковій продуктивності насосів підбираємо 3 водяних насоси типу К80-50-200 ( $V = 100 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H = 50 \text{ м}$ ;  $N = 15 \text{ кВт}$ )

### 9.8 Підбір масловіддільників та маслозбірників

Для забезпечення безпечної та надійної роботи, уникнення замаслювання системи та внутрішніх поверхонь теплообмінних апаратів, підбираємо 2 мастиловіддільники типу 50 ОММ. Об'єм кожного складає 0,05 м<sup>3</sup>.

Для зливу масла з апаратів і мастиловіддільників підбираємо 1 загальний мастило збірник марки 300 СМ. Об'єм якого становить 0,008 м<sup>3</sup>.

## 10 РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

### 10.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів для $t_0 = -33^\circ\text{C}$

Всмоктуючий трубопровід

Діаметр трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_d}{w \cdot \pi}}, \text{ м} , \quad (10.1)$$

де:  $w$  – швидкість парів аміаку в трубах;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_o$  – дійсні витрати парів аміаку, ( $m^3/c$ ).

Система низького тиску

$V_{o1} = 0,2 m^3 / c$ . Приймаємо швидкість парів аміаку  $w = 12 m / c$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2}{12 \cdot 3,14}} = 0,146 m$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 150 mm$

Система високого тиску

$V_{o2} = 0,064 m^3 / c$ . Приймаємо швидкість парів аміаку  $w = 13 m / c$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,064}{13 \cdot 3,14}} = 0,079 m$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 80 mm$

Нагнітальний трубопровід

$$V = G_a \cdot v, m^3 / c \tag{10.2}$$

Система низького тиску

$$V = G_{a1} \cdot v_2 = 0,173 \cdot 0,42 = 0,0726 m^3 / c$$

Приймаємо швидкість парів аміаку в трубопроводі  $w = 15 m / c$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0726}{15 \cdot 3,14}} = 0,078 m$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 80 mm$

Система високого тиску

$$V = G_{a2} \cdot v_4 = 0,199 \cdot 0,125 = 0,024 m^3 / c$$

Приймаємо швидкість парів аміаку в трубопроводі  $w = 12 m / c$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,024}{12 \cdot 3,14}} = 0,045 m$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 50 mm$

Рідинний трубопровід

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_p}{w_p \cdot \pi}}, \text{ м}$$

де:  $V_p$  – витрати рідкого аміаку, який подається аміачним насосом до регулюючої станції

$$V_p = \frac{Q_0 \cdot n}{r_p \cdot \rho_p}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (10.3)$$

де:  $Q_0$  – холодопродуктивність приладу, кВт

$n$  – кратність циркуляційного агента,  $n = 5$

$r_p = 1368,5 \text{ кДж} / \text{кг}$  – прихована теплота пароутворення при

$t_0 = -33^\circ \text{C}$

$$\rho_p = 682 \text{ кг} / \text{м}^3 \left( \rho_p = \frac{1}{v_p} \right)$$

$v_p$  – питомий об'єм рідкого аміаку при  $t_0 = -33^\circ \text{C}$  ; приймаємо

$w_p = 0,6 \text{ м} / \text{с}$

$$V_p = \frac{219,5 \cdot 5}{1368,5 \cdot 628} = 1,176 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,176 \cdot 10^{-3}}{0,6 \cdot 3,14}} = 0,0499 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 50 \text{ мм}$

## 10.2 Розрахунок діаметрів трубопроводів для $t_0 = -40^\circ \text{C}$

Всмоктуючий трубопровід

Діаметр трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\partial}}{w \cdot \pi}}, \text{ м}$$

$w$  – швидкість парів аміаку в трубах;

$V_{\partial}$  – дійсні витрати парів аміаку, ( $\text{м}^3 / \text{с}$ ).

Система низького тиску

$V_{\partial 1} = 0,22 \text{ м}^3 / \text{с}$  . Приймаємо швидкість парів аміаку  $w = 13 \text{ м} / \text{с}$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22}{13 \cdot 3,14}} = 0,147 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 150 \text{ мм}$

Система високого тиску

$V_{\partial 2} = 0,064 \text{ м}^3 / \text{с}$ . Приймаємо швидкість парів аміаку  $w = 13 \text{ м} / \text{с}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,064}{13 \cdot 3,14}} = 0,079 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 80 \text{ мм}$

Нагнітальний трубопровід

$$V = G_a \cdot \nu, \text{ м}^3 / \text{с}$$

Система низького тиску

$$V = G_{a1} \cdot \nu_2 = 0,136 \cdot 0,52 = 0,0707 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Приймаємо швидкість парів аміаку в трубопроводі  $w = 15 \text{ м} / \text{с}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0707}{15 \cdot 3,14}} = 0,077 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 80 \text{ мм}$

Система високого тиску

$$V = G_{a2} \cdot \nu_4 = 0,16 \cdot 0,125 = 0,02 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Приймаємо швидкість парів аміаку в трубопроводі  $w = 15 \text{ м} / \text{с}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02}{15 \cdot 3,14}} = 0,041 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 50 \text{ мм}$

Рідинний трубопровід

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_p}{w_p \cdot \pi}}, \text{ м}$$

де:  $V_p$  – витрати рідкого аміаку, який подається аміачним насосом до регулюючої станції

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_p = \frac{Q_0 \cdot n}{r_p \cdot \rho_p}, \text{ м}^3 / \text{с}$$

де:  $Q_0$  – холодопродуктивність приладу, кВт

$n$  – кратність циркуляційного агента,  $n = 5$

$r_p = 1388,9 \text{ кДж} / \text{кг}$  – прихована теплота пароутворення при

$t_0 = -40^\circ\text{C}$

$$\rho_p = 690,2 \text{ кг} / \text{м}^3 \left( \rho_p = \frac{1}{v_p} \right)$$

$v_p$  – питомий об'єм рідкого аміаку при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$  ; приймаємо

$$w_p = 0,6 \text{ м} / \text{с}$$

$$V_p = \frac{186,8 \cdot 5}{1388,9 \cdot 690,2} = 0,974 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,974 \cdot 10^{-3}}{0,6 \cdot 3,14}} = 0,045 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід  $d_y = 50 \text{ мм}$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Для створення здорових і безпечних умов праці на виробництві повинні виконуватися наступні вимоги:

- всі виробничі приміщення повинні вентилюватися відповідно до санітарних норм;
- правильне виконання освітлення на підприємстві. Від умов освітлення залежить збереження зору людини, стану її центральної нервової системи і безпека на виробництві, продуктивність праці;
- до електробезпеки (до пристрою електроізоляції, захисному заземленню, відключенню при перенавантаженнях і т.д.);
- пожежна безпека повинна бути забезпечена комплексом заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшень його наслідків.

### Токсичність аміаку

Хімічна формула  $\text{NH}_3$ . Фізико-хімічні властивості. Аміак - безбарвний газ з різким запахом нашатирного спирту, в 1,7 рази легший за повітря, добре розчиняється у воді. Розчинність його у воді більше, ніж усіх інших газів: при 20 °C в одному об'ємі води розчиняється 700 об'ємів аміаку. Температура кипіння зрідженого аміаку - 33,36 ° C, так що навіть взимку аміак знаходиться в газоподібному стані. При температурі - 77,7 °C аміак твердне. При виході в атмосферу з зрідженого стану димить. Хмара аміаку поширюється у верхні шари надземного шару атмосфери. Горить при наявності постійного джерела вогню (при пожежі). При горінні виділяє азот і водяний пар. Температура самозаймання 650 °C. За фізіологічною дією на організм відноситься до групи речовин задушливої і нейротропної дії, здатних при інгаляційному ураженні викликати токсичний набряк легенів і

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

важке ураження нервової системи. Пари аміаку сильно подразнюють слизові оболонки очей та органів дихання, а також шкірні покриви. Викликають при цьому біль в очах, втрату зору, напади кашлю, почервоніння та свербіж шкіри. При зіткненні зрідженого аміаку і його розчинів з шкірою виникає печіння, можливий хімічний опік з бульбашками, виразками. Крім того, зріджений аміак при випаровуванні охолоджується, і при зіткненні зі шкірою виникає обмороження різного ступеня. Запах аміаку відчувається при концентрації 37 мг/м<sup>3</sup>. Гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони виробничого приміщення становить 20 мг/м<sup>3</sup>.

Класифікація виробництва за їх вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпекою

Відповідно до вимог СНіП 2.05.09.02-85 «Виробничі спорудження», а також відповідно до вимог ОНТП 24-86 пожежна, вибухова і вибухопожежна небезпека виробництв, будов і споруджень оцінюється з врахуванням пожежних і вибухонебезпечних якостей і кількості речовин і матеріалів, які там перебувають. Приміщення діляться на категорії - А, Б, В, Г, Д.

Відповідно до норм СНіП, компресорний цех рибного холодильника, будівля, у якій перебувають легкозаймисті речовини з температурою спалаху більше 28 °С, горючий пил, волокна або горючі рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при загорянні яких розрахунково-надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа, відноситься до категорії А.

Клас приміщень відповідно до ПУЕ приміщення компресорного цеху по вибухонебезпечності ставиться до класу В-1а (зони приміщень, у яких вибухонебезпечна концентрація газів і пар можлива тільки внаслідок аварій або несправностей), а по пожежонебезпеці до зони класу П-І (зони приміщень, у яких застосовуються або зберігаються горючі рідини з температурою спалаху вище 61С ).

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У відповідність із ПУЕ, в пожежно-небезпечних зонах компресорного цеху використовується електроустаткування закритого типу, внутрішній простір якого відділено від зовнішнього середовища оболонкою. Апаратура керування й захисту виконується в пилонепроникному виконанні. Вся електропроводка має надійну ізоляцію й прокладена в сталевих трубах.

#### Пожежна охорона, пожежний нагляд і пожежна профілактика

Пожежі й вибухи є причиною великого збитку, причиненому державі, часто приводять до нещасних випадків з людськими жертвами. Тому боротьба з ними це одночасно й заходи щодо збереження життя й здоров'я людини. Пожежна безпека - стан об'єкта, при якому із установленою ймовірністю виключається можливість виникнення й поширення пожежі до дії на людей небезпечних факторів, а також захисту матеріальних цінностей. Правовою основою діяльності в області пожежної безпеки є Конституція України, Закон України «Про пожежну безпеку», закони, постанови Верховної Ради України, укази й розпорядження Ради Міністрів України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого й регіонального самоврядування, прийняті в межах їхньої компетентності.

У відповідність із Законом «Про пожежну безпеку» забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої й іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій і підприємців. Відповідальним за забезпечення пожежної безпеки є керівник підприємства, установи, організації або призначена їм особа.

#### Пристрої автоматичної пожежної сигналізації

Система пожежної сигналізації призначена для своєчасного виявлення місця загоряння та формування керуючих сигналів для систем оповіщення про пожежу, автоматичного пожежогасіння та систем вентиляції. Для виявлення пожежі призначені сповіщувачі, для обробки і протоколювання інформації і формування сигналів тривоги - приймально-контрольна апаратура і периферійні пристрої. Крім цих функцій, пожежна сигналізація

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинна формувати команди на включення автоматичних установок пожежогасіння і димовидалення, систем оповіщення про пожежу, технологічного, електротехнічного і іншого інженерного устаткування об'єктів. До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, внутрішні пожежні крани, пожежний інвентар (ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, азбестові полотна) та пожежний інструмент (ломи, сокири та ін.) Первинні повинні заважати при евакуації людей з приміщень. Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м<sup>2</sup>. У комплект засобів пожежогасіння, які розміщуються на ньому, слід включати:

вогнегасники - . 3 шт ,

ящик з піском - 1 . шт ,

покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2х2 м - 1 шт , .

гаки - . 3 шт ,

лопати - . 2 шт ,

ломи - . 2 шт ,

сокири - 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5 , 1,0 або 3,0 м<sup>3</sup> та бути укомплектованими совковою лопатою. Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенда, повинні бути місткістю не менше 0,1м<sup>3</sup>. Конструкція ящика (вмістилища) повинна забезпечувати зручність вилучення піску та виключати попадання опадів.

Визначення об'єму недоторканого запасу води для пожежогасіння

Для зберігання недоторканого запасу води використовують штучні водні джерела: відкриті (водойми) і закриті (резервуари).

Визначимо об'єм залізобетонного резервуара, як більш надійного в експлуатації спорудження. Резервуар підземного типу, обладнаний люком розмірами 0,6х0,6 м з подвійною кришкою й вентиляційною трубою.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок резервуарів проводиться для визначення ємності резервуара і їхньої кількості. Ємність резервуара визначається з умов забезпечення необхідної по нормах кількості води на зовнішнє пожежогасіння протягом розрахункового часу:

$$V_B = \frac{k \cdot g \cdot n_{\text{пож}} \cdot \tau}{1000} \cdot 3600 \text{ м}^3, \quad (11.1)$$

де:  $k$  - коефіцієнт запасу,  $k = 1,1 - 1,2$ ; [2]

$g$  - витрата води на зовнішнє пожежогасіння, визначається СНіП залежно від ступеня вогнестійкості та об'єму споруди, а також категорії підприємства по пожежній небезпеці. Для компресорного цеху ступінь вогнестійкості II, категорія по пожежонебезпеці А, об'єм приміщення  $12 \times 18 \times 6 = 1296 \text{ м}^3$ . Тоді  $g = 20 \text{ л/с} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$n_{\text{пож}}$  - кількість пожеж, визначаємо по СНіП.  $n_{\text{пож}} = 1$ , тому що територія підприємства менше 150 га.

$\tau$  - тривалість гасіння пожеж, для виробництв категорії А при ступені вогнестійкості II розрахунковий ступінь гасіння пожеж дорівнює 3 год.

Тоді необхідний об'єм резервуарів недоторканого запасу води для гасіння дорівнює

$$V_B = \frac{1,15 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 3}{1000} \cdot 3600 = 248,4 \text{ м}^3$$

#### Правила безпеки при обслуговуванні холодильної установки

Перед заповненням системи холодоагентом обслуговуючий персонал повинен пройти позаплановий інструктаж з техніки безпеки. Робоче місце має бути огорожене, вивішені попереджувальні написи. Перед заправкою системи холодоагентом її вакуумують при залишковому тиску 0,005 мПа. Заповнення системи холодоагентом проводиться із спеціальних залізничних або автомобільних цистерн або балонів. Залізничні цистерни поставляються місткістю 28 і  $41 \div 43$  т, розраховані на тиск 2,0 мПа. Цистерни мають світло-сіре забарвлення з жовтими полосами і написи "Аміак". У холодильних

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установках з прийомом аміаку з цистерн повинні бути додаткові ресивери на боці високого тиску, що встановлюються зовні і що вміщують запас аміаку в розмірі піврічної його витрати (виходячи з дворазової поставки аміаку протягом року). Аміачна цистерна може приєднуватися за такими схемами. При наявності центральної регулюючої станції до місця установки цистерни від аміачної системи холодильника прокладають рідинну магістраль з труб діаметром 50 ÷ 57 мм, призначену для зливу аміаку з цистерни. Магістраль приєднують до колектора регулюючої станції. При відсутності центральної регулюючої станції рідинну магістраль від цистерни приєднують до рідинного трубопроводу конденсатора. Рідинний трубопровід конденсатора повинен роз'єднуватися запірною арматурою, щоб в одну частину випарної системи зливався аміак з цистерни, а в іншу її частину надходив аміак з конденсатора. Рідинний (зливний) трубопровід приєднують до зливного вентиля цистерни сталеву трубою. Для спостереження за тиском при зливі аміаку на трубопроводі встановлюють манометр. Для зливу аміаку з цистерни шляхом відсмоктування знижують тиск до вакууму в якій-небудь частині випарної системи холодильної установки (батареї камер, випарники) або в циркуляційних ресиверах.[3]

Неконденсуючі гази присутні в системі охолодження з самого початку процесу монтажу, оскільки трубопроводи заповнені повітрям. Тому, якщо не виконати ретельного вакуумування контуру, повітря залишиться в системі. Повітря і неконденсуючі гази можна випустити з системи вручну. Це виконується обслуговуючим персоналом і може призвести до надмірно великих втрат холодоагенту. Інший спосіб випуску повітря - це так званий «охолоджений випуск»: Пари холодоагенту, що надходять з вибраних точок системи, охолоджуються всередині камери з теплообмінником-охолоджувачем, і зконденсований холодоагент направляється назад у систему. Гази, які залишилися в камері, викидаються в атмосферу. Основна ідея охолодження

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та конденсації парів холодоагенту полягає у зменшенні викидів холодоагенту в атмосферу.

При відтаюванні снігової шуби з охолоджуючих пристроїв тиск в батареях і повітроохолоджувачах не повинен перевищувати тиск випробування на щільність для апаратів (посудин) сторони всмоктування. Тиск в батареях і повітроохолоджувачах повинен контролюватися манометром. Перед відтаюванням батарей і повітроохолоджувачів необхідно звільнити їх від рідкого аміаку і скупчення масла, які слід зливати в дренажний (циркуляційний) ресивер з подальшим випуском масла з нього через маслосбірник. Випуск масла безпосередньо з батарей і повітроохолоджувачів не допускається. Відтаювання повинно проводитися відповідно до інструкції, регулярно, щоб уникнути надмірного накопичення снігу і льоду, яке може привести до обриву батарей і порушення герметичності системи.[3]

#### Контрольно - вимірювальні прилади

Кожна посудина і самостійні порожнини з різними тисками повинні бути забезпечені манометрами прямої дії. Манометр встановлюється на штуцері посудини або трубопроводі між посудиною і запірною арматурою. Манометри повинні мати клас точності не нижче: 2,5 - при робочому тиску посудини до 2,5 мПа (25 кгс / см), 1,5 - при робочому тиску посудини вище 2,5 мПа (25 кгс / см). Манометр повинен вибиратися з такою шкалою, щоб межа вимірювання робочого тиску перебувала у другій третині шкали. Манометр повинен бути встановлений так, щоб його покази були чітко видимі обслуговуючому персоналу.

Система контролю рівня загазованості та оповіщення, так звані газоаналізатори та сигналізатори, повинні забезпечувати контроль за рівнем загазованості через можливі витоки аміаку в приміщеннях і на території об'єкта. Система контролю рівня загазованості повинна забезпечувати в автоматичному режимі збір та обробку інформації про концентрацію аміаку в

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітрі біля місць встановлення датчиків сигналізаторів концентрації парів аміаку в обсязі, достатньому для формування відповідних управляючих впливів. Система контролю рівня загазованості при виникненні аварії, пов'язаної з витоком аміаку, в автоматичному режимі повинна включати технічні пристрої, задіяні в системі локалізації та ліквідації наслідків аварії, засоби оповіщення про аварію і відключати обладнання холодильної установки, функціонування якого може призвести до зростання масштабів і наслідків аварії.[2]

#### Випробування посудин, працюючих під тиском

Посудини, апарати і трубопроводи холодильних установок повинні підлягати технічному огляду після монтажу (до пуску в роботу), періодично в процесі експлуатації і в необхідних випадках (після ремонту або тривалої, більше року, зупинки) - позачерговому огляду. До складу технічного огляду посудин, апаратів і трубопроводів входять:

- зовнішній і внутрішній огляд (за наявності люків);
- пневматичні випробування на міцність, щільність посудин (апаратів).

Пневматичні випробування на міцність і щільність посудин (апаратів) допускаються за умови його супроводу акустико-емісійним методом контролю або іншим методом, узгодженим з Держнаглядом України. Для знову встановлюваних посудин і апаратів, що поставляються в зібраному вигляді випробування на міцність проводити не потрібно. У цьому випадку посудина, чи апарат повинна піддаватися в складі технологічної схеми випробуванню на щільність повітрям або інертним газом під тиском, рівним розрахунковому. Тиск повітря в посудині (апараті) слід піднімати до пробного тиску випробування зі швидкістю підйому тиску не більше 0,1 мПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) за хв.. При досягненні тиску, рівного 0,3 і 0,6 від пробного тиску, а також при робочому тиску, необхідно припинити підвищення тиску і провести проміжний огляд і перевірку зовнішньої поверхні посудини (апарату), трубопроводу. Під пробним тиском посудина повинна перебувати

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом не менше 5 хв., після чого тиск поступово знижують до розрахункового, при якому проводять огляд зовнішньої поверхні посудини з перевіркою щільності її швів і роз'ємних з'єднань мильним розчином або іншим способом. Остаточні випробування на щільність необхідно проводити після вирівнювання температур внутрішнього і зовнішнього середовища протягом декількох (не менше 3) годин.

#### Способи виявлення місць витоків холодильних агентів

Для виявлення витoku аміаку застосовують фенолфталеїновий індикаторний папір, який червоніє при наявності в повітрі аміаку. Системи з аміаком можна перевірити на витік живцевою сіркою, яка виробляє щільний білий дим у парах аміаку. Інший метод визначення витoku - це мильний розчин навколо з'єднань труб. Поява бульбашок в розчині вказує на місце розташування витoku.

Також завдяки високій чутливості і широкому діапазону вимірювань дозволяють використовувати газоаналізатор для безперервного вимірювання вмісту аміаку в повітрі аміачних компресорних цехів, холодильних камер, відкритих майданчиків та інших об'єктів, де можлива поява підвищених концентрацій аміаку.

#### Електробезпека. Захисне заземлення електричних устаткувань

Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом: приміщення з підвищеною небезпекою; особливо небезпечні і приміщення без підвищеної небезпеки. Компресорний цех холодильника належить до першої категорії, за наступними умовами:

- приміщення з струмопровідними підлогами (металевими, земляними, залізобетонними, цегельними);
- приміщення, в яких температура повітря тривало перевищує 30 ° С;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- приміщення, в яких можливе одночасне доторкання людини до корпусів електричного обладнання та металевих конструкцій будівель, технологічного обладнання і т. п.

Захисним заземленням електричної установки називається навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих не струмопровідних частин, які можуть виявитися під напругою.

Призначення захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом з появою напруги на конструктивних частинах електроустановки, тобто при замиканні на корпус.

Принцип дії захисного заземлення - зниження до безпечних значень напруг, обумовлених замиканням на корпусі. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу підстави, на якій розташована людина, до потенціалу, близького за значенням до потенціалу заземленого устаткування.

Порядок розрахунку штучного заземлення:

Визначаємо розрахункове значення питомого опору ґрунту:

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \psi = 30 \cdot 1,4 = 42 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (11.2)$$

де  $\rho_\phi = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  – теоретичне значення питомого опору чорнозему; [4]

$\psi = 1.4$  – коефіцієнт, який враховує сезонні коливання опору ґрунту. [4]

Для штучного заземлення застосовуємо як електроди сталеві труби з діаметром  $d = 0.04 \text{ м}$ .

Вибираємо систему розподілу заземлювачів - у ряд.

Знаючи довжину вертикального заземлювача  $l = 2,3 \text{ м}$ , відстань між ними  $l' = 4,6 \text{ м}$  ( $l'/l = 2$ ) і вибравши глибину на яку помістили заземлювача  $t_0 = 0,5 \text{ м}$ , розраховуємо значення величини  $t$ :

$$t = \frac{l'}{2} + t_0 = \frac{4,6}{2} + 0,5 = 2,8 \text{ м} \quad (11.3)$$

Опір струму одного вертикального заземлювача :

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_0 = \frac{\rho_p}{2\pi l} \left[ \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right] = \frac{49}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left[ \ln \frac{2 \cdot 2}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,8+1}{4 \cdot 2,8-1} \right] = 18 \text{ Ом} \quad (11.4)$$

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_0}{R_{необ}} = \frac{15,69}{4} = 3,9 \text{ шт} \quad (11.5)$$

де  $R_{необ}$  - необхідний опір системи заземлення для електричних мереж змінного струму напругою до 1000 В,  $R_{необ} = 4 \text{ Ом}$  [4]

Округлюємо кількість вертикальних заземлювачів до найближчого стандартного значення  $n' = 4$ .

Опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_g = \frac{R_0}{n' \cdot \eta_g} = \frac{15,69}{4 \cdot 0,89} = 4,5 \text{ Ом} \quad (11.6)$$

де  $\eta_g$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів,  $\eta_g = 0,89$  [4]

Довжина смуги, при розміщенні заземлювачів в ряд:

$$L = (n' - 1) \cdot l' = (4 - 1) \cdot 4,6 = 13,8 \text{ м} \quad (11.7)$$

Опір з'єднувальної смуги:

$$R_z = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \eta_z} \cdot \ln \frac{L^2}{t_0 \cdot d} = \frac{42}{2 \cdot 3,14 \cdot 13,8 \cdot 0,92} \cdot \ln \frac{13,8^2}{0,5 \cdot 0,04} = 4,8 \text{ Ом} \quad (11.8)$$

$\eta_z$  – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів,  $\eta_z = 0,92$  [4]

Загальний опір системи заземлення:

$$R_{сист} = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g + R_z} = \frac{4,5 \cdot 4,8}{4,5 + 4,8} = 2,32 \text{ Ом} \quad (11.9)$$

$$R_{необ} \geq R_{сист}; (4 \text{ Ом} \geq 2,32 \text{ Ом})$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Розрахунок заземлюючого пристрою в даній роботі показав, що виконується умова і загальний опір даної електричної системи не перевищує 4 Ом.

#### Освітлення приміщень

Правильно спроектоване та виконане освітлення на підприємствах забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи та безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення.

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, створюване світлом неба, штучне, здійснюваними електричними лампами, і сполучене, при якому у світлий час доби недостатнє по нормах природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення підрозділяють на бічне (світлові прорізи в зовнішніх стінах), верхнє (аераційні й зенітні ліхтарі, прорізи в перекриттях, світлові прорізи в місцях перепаду висот суміжних прольотів будинків), комбіноване (до верхнього освітлення додається бічне). Штучне освітлення може бути двох систем - загальне й комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве, що концентрує світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

По функціональному призначенню штучне освітлення підрозділяють на наступні види: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове [2].

Джерела світла є найважливішими складовими частинами освітлювальних установок промислових підприємств. Правильний вибір типів і потужності ламп впливає на експлуатаційні якості й економічну ефективність освітлювальних установок, на відповідність штучного освітлення пропонованим до нього вимогам.

#### Розрахунок освітлення в приміщенні

Розрахунки системи штучного висвітлення проводимо при наступних вихідних даних: довжина приміщення  $A = 18$  м, ширина  $B = 12$  м, висота  $H =$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 м; висота робочої поверхні  $h_p = 0,8$  м, висота підвісу світильника  $h = 2$  м. Для освітлення прийнято світильник типу ВЗГ. Мінімальна освітленість  $E_n = 100$  лк [4]. Напруга в мережі  $V = 220$  В.

Висота підвіски світильника над освітлювальною поверхнею:

$$H_p = H - h - h_p = 6 - 2 - 0,8 = 3,2 \text{ м} \quad (11.10)$$

Приймаємо відношення  $L/H_p = 2$ . Тоді відстань між центрами світильників буде:

$$L = 2 \cdot H_p = 2 \cdot 3,2 = 6,4 \text{ м} \quad (11.11)$$

Необхідна кількість ламп:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{18 \cdot 12}{6,4^2} = 5,35 \text{ шт} \approx 6 \text{ шт} , \quad (11.12)$$

де:  $S$  – площа цеху,  $\text{м}^2$ .

Визначаємо світловий потік ламп світильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \text{ лм} , \quad (11.13)$$

де  $E_n$  – мінімальна нормована освітленість, приймаємо  $E_n = 100$  лк;

$S$  – площа приміщення,  $S = 216 \text{ м}^2$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп,  $k = 1,3$ ; [2]

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;  $z = 1,15$  (для ламп накаливання); [4]

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, який залежить від величини  $i$  – індексу приміщення.

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{раб.}} \cdot (A + B)} , \quad (11.14)$$

$$i = \frac{18 \cdot 12}{3,2 \cdot (18 + 12)} = 2,25$$

Тоді при індексі приймаємо коефіцієнт використання  $\eta = 35$  [2]

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi = \frac{100 \cdot 216 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot 100}{6 \cdot 35} = 15380 \text{ лм}$$

Відповідно до виконаного розрахунків вибираємо стандартну лампу типу Г215-225-1000, яка має світловий потік 18800 лм. [2]

Потужність всієї системи освітлення:

$$P = N \cdot n \cdot P_1 = 6 \cdot 1 \cdot 18800 = 112800 \text{ Вт} \quad (11.15)$$

Відхилення дійсного світлового потоку від розрахункового:

$$\square = \frac{\Phi_o - \Phi_p}{\Phi_o} \cdot 100\% = \frac{18800 - 15380}{18800} \cdot 100\% = 18,2\% \quad (11.16)$$

### Вентиляція приміщень

Однією з необхідних умов здорової й високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря й нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщень, тобто простору висотою до 2 м над рівнем підлоги або площадки, де перебувають робочі місця.

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря й заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря із приміщення й подачею в нього свіжого повітря.

По способу переміщення повітря вентиляція буває: природна і механічна. Можливо також сполучення природної і механічної вентиляції (змішана вентиляція).

Залежно від того, для чого служить система вентиляції - для подачі (припливу) або видалення (витяжки) повітря із приміщення або для того й для іншого одночасно, вона називається приточною, витяжною або аварійною. По місцю дії вентиляція буває загально-обмінного та місцевого типу. Дія загально-обмінної вентиляції заснована на розведенні забрудненого, нагрітого, вологого повітря приміщення свіжим повітрям до гранично допустимих норм. Цю систему вентиляції найбільше часто

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовують у випадках, коли шкідливі речовини, теплота, волога виділяються рівномірно по всьому приміщенню. При такій вентиляції забезпечується підтримка необхідних параметрів повітряного середовища в повному обсязі приміщення.

Повітрообмін у приміщенні можна значно скоротити, якщо вловлювати шкідливі речовини в місцях їхнього виділення, не допускаючи поширення по приміщенню. Із цією метою технологічне устаткування, що є джерелом виділення шкідливих речовин, постачають з спеціальними пристроями, в яких забезпечується підсос забрудненого повітря. Така вентиляція називається місцевою.[2]

Аварійна вентиляція призначена для швидкого видалення з виробничих приміщень значних об'ємів повітря з високими концентраціями токсичних і вибухонебезпечних речовин, які виникають при порушенні технологічного процесу і аваріях. Аварійну вентиляцію завжди влаштовують тільки витяжною без компенсації витяжки припливом повітря, щоб запобігти надходженню шкідливих речовин до сусідніх приміщень.

Для розрахунків використовуємо метод кратності:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3 / \text{год} , \quad (11.17)$$

де:  $k$  – коефіцієнт кратності, 1/год, [2]

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

Об'єм приміщення:

$$V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3 , \quad (11.18)$$

де:  $A$  – довжина приміщення,  $A = 18$  м;

$B$  – ширина приміщення,  $B = 12$  м;

$H$  – висота приміщення,  $H = 6$  м.

$$V = 12 \cdot 18 \cdot 6 = 1296 \text{ м}^3 ,$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата повітря для витяжної вентиляції :

$$L = 3 \cdot 1296 = 3888 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Витрата повітря для приточної вентиляції :

$$L = 2 \cdot 1296 = 2592 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Витрата повітря для аварійної вентиляції:

$$L = 8 \cdot 1296 = 10369 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Потужність електродвигуна вентилятора :

$$N = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент.}} \cdot \eta_{\text{перед.}}}, \text{кВт} \quad (11.19)$$

де  $H$  –аеродинамічний опір, змінюється в діапазоні  $200 \div 500$ Па. Для розрахунку приймаємо  $H = 600$  Па.

$$\eta_{\text{вент.}} = 0,7, \eta_{\text{перед.}} = 0,9.$$

Тоді потужність електродвигунів вентиляторів:

$$N = \frac{1,1 \cdot 3888 \cdot 600 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 1,07 \text{ кВт}$$

$$N = \frac{1,1 \cdot 2592 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 0,72 \text{ кВт}$$

$$N = \frac{1,1 \cdot 10369 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 2,86 \text{ кВт}$$

Відповідно з виконаним розрахунком по каталогу [3] вибираємо вентилятори:

при витраті повітря  $L = 3888 \text{ м}^3 / \text{год}$  і потужності  $N = 0,07$  кВт – ВЦ4-75-4;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при витраті повітря  $L = 2592 \text{ м}^3 / \text{год}$  і потужності  $N = 0,72 \text{ кВт}$  – ВЦ4-75-4;

при витраті повітря  $L = 10369 \text{ м}^3 / \text{год}$  і потужності  $N = 2,86 \text{ кВт}$  – ВЦ4-75-6,3.

#### Допомога при отруєнні аміаком

Ознаки отруєння аміаком: прискорене серцебиття, порушення частоти пульсу, кашель, нежить, різь в очах і сльозоточивість, утруднене дихання, а при важкому отруєнні - нудота і порушення координації рухів. На ураженого аміаком надіти промисловий протигаз марки "КД" або "М", при дуже високих концентраціях - ізолюючий протигаз і винести потерпілого із зони зараження на чисте повітря. На незараженій території постраждалому дають вдихати водяні пари. У разі ускладнення або зупинки дихання роблять штучне дихання способом "з рота в рот". При попаданні аміаку в шлунок треба випити кілька склянок теплої води з додаванням однієї чайної ложки столового оцту на склянку води і викликати блювоту. Коли аміак вражає очі, їх рясно промивають водою. При великих опіках вводять знеболюючий засіб за допомогою шприц-тюбика. Якщо утворилися міхури, ні в якому разі їх не можна відкривати, а варто накласти стерильні пов'язки. Потерпілого необхідно вкрити, дати йому можливість зігрітися і забезпечити спокій.

Необхідно звільнити потерпілого від стискуючого одягу, надати йому повний спокій і для пригнічення дратівної впливу аміаку на слизові оболонки дихальних органів провести інгаляцію теплим паром, що містить 1-2% розчину лимонної кислоти; давати пити міцний солодкий чай, каву, лимонад або 3%- ний розчин молочної кислоти. По можливості рекомендується в усіх випадках отруєння вдихання кисню протягом 30-45 хвилин, зігрівання потерпілого. При наявності явищ подразнення носоглотки необхідно полоскати її 2%- ним розчином соди або водою. У разі появи ядухи, кашлю потерпілий повинен транспортуватися в лежачому положенні. При попаданні

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідкого аміаку на шкіру може вийти опік, тому необхідно спочатку направити на обпечену поверхню рясну струмінь чистої води. Потім для ураженого місця зробити теплу водяну ванну (35 - 40С) на 5-10 хв. У разі ураження великої поверхні тіла, прийняти загальну ванну. Після ванни осушити шкіру, прикладаючи рушник (розтирання неприпустиме), потім змастити уражене місце маззю Вишневського або пенициліновою маззю і накласти пов'язку. При відсутності мазі можна використовувати вершкове (несолоне) масло або соняшникову олію.

### **Висновки**

У даному розділі дипломного проекту було розглянуто основні засоби забезпечення безпеки і збереження робочого персоналу, а також:

Розраховано систему заземлення для запобігання ураження людини електричним струмом, загальним опором  $R_c = 2,43$  Ом в кількості чотирьох штук.

Розраховано витяжну, приточну та аварійну вентиляції та відповідно підібрано вентилятори типу – ВЦ4-75-4, ВЦ4-75-4 та ВЦ4-75-6,3.

Також було розраховано обсяг недоторканного запасу води, який становить  $V_v = 124,2$  м<sup>3</sup>. Впровадження розроблених заходів буде сприяти дотриманню норм охорони праці .

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 12 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

### 12.1 Захист робочих та службовців від дії СДОР у разі аварії на холодильній установці

Хімічна обстановка - сукупність наслідків хімічного зараження місцевості СДОР (ОР), що надає несприятливий вплив на об'єкти народного господарства, сили ЦЗ і населення.

Хімічне зараження місцевості відбувається в результаті попадання в навколишнє середовище сильнодіючих отруйних речовин (хімічні речовини і з'єднання застосовувані у виробництві, які в кількостях, що перевищують граничнодопустимих концентрацій можуть мати шкідливий вплив на людину, тварин і рослини) і хімічних отруйних речовин (хімічні токсичні сполуки, призначені для бойового застосування з метою ураження живої сили противника і місцевості).

### 12.2 Хімічні аварії

Небезпека на ХНО реалізується у вигляді хімічних аварій. Хімічної аварією називається аварія на хімічно небезпечному об'єкті, що супроводжується протокою або викидом небезпечних хімічних речовин, здатна привести до загибелі або хімічного зараження людей, продовольства, харчової сировини і кормів, сільськогосподарських тварин і рослин або до хімічного зараження навколишнього природного середовища. При хімічних аваріях АХНР поширюються у вигляді газів, парів, аерозолів і рідин.

У результаті миттєвого (1-3 хвилини) переходу в атмосферу частини речовини з ємності при її руйнуванні утворюється первинне хмара. Вторинне хмара АХНР - в результаті випаровування розливої речовини з підстильної поверхні. Надзвичайні ситуації з хімічною обстановкою такого типу виникають при аварійних викидах або протоках використовуваних у виробництві, що зберігаються або транспортуються зріджених аміаку та хлору.

У результаті хімічної аварії з викидом АХНР відбувається хімічне зараження поширення небезпечних хімічних речовин у навколишньому природному середовищі в концентраціях або кількостях, що створюють загрозу для людей, сільськогосподарських тварин і рослин протягом певного часу.

Можливий вихід хмари зараженого повітря за межі території хімічно небезпечного об'єкта обумовлює хімічну небезпеку адміністративно-територіальної одиниці, де такий об'єкт розташований. У результаті аварії на ХНО виникає зона хімічного зараження.

Зона хімічного зараження - територія і акваторія, в межах якої поширені або куди привнесені небезпечні хімічні речовини в концентраціях або кількостях, що створюють небезпеку для життя і здоров'я людей, для сільськогосподарських тварин і рослин протягом певного часу.

У зоні хімічного зараження можуть бути виділені складові її зони - зона смертельних токсодоз (зона надзвичайно небезпечного зараження), зона вражаючих токсодоз (зона небезпечного зараження) і зона дискомфорту (порогова зона, зона зараження).

На зовнішній межі зони смертельних токсодоз 50% людей отримують смертельну токсодозу. На зовнішній межі вражаючих токсодоз 50% людей отримують вражаючу токсодозу. На зовнішній межі зони дискомфорту люди відчувають дискомфорт, починається загострення хронічних захворювань або з'являються перші ознаки інтоксикації.

В осередку хімічного зараження відбуваються масові ураження людей, сільськогосподарських тварин і рослин.

При аваріях на хімічно небезпечних об'єктах може діяти комплекс вражаючих факторів: безпосередньо на об'єкті аварії - токсичний вплив АХНР, ударна хвиля при наявності вибуху, тепловий вплив і вплив продуктами згоряння при пожежі; поза об'єктом аварії - в районах поширення зараженого повітря тільки токсичний вплив як результат хімічного зараження

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навколишнього середовища. Основним вражаючим чинником є токсичний вплив АХНР.

### 12.3 Наслідки аварій

Наслідки аварій на ХНО представляють собою сукупність результатів впливу хімічного зараження на об'єкти, населення і навколишнє середовище. У результаті аварії складається аварійна хімічна обстановка, виникає надзвичайна ситуація техногенного характеру.

Люди і тварини отримують ураження внаслідок потрапляння АХНР в організм: через органи дихання - інгаляційно; шкірні покриви, слизові оболонки рани - резорбтивна; шлунково-кишечний тракт - перорально.

Ступінь і характер порушення життєдіяльності організму (ураження) залежать від особливостей токсичної дії АХНР, їх фізико-хімічних характеристик і агрегатного стану, концентрації парів або аерозолів у повітрі, тривалості їх впливу, шляхів їх проникнення в організм.

Механізм токсичної дії АХНР полягає в наступному. Всередині людського організму, а також між ним і зовнішнім середовищем відбувається інтенсивний обмін речовин. Найбільш важлива роль в цьому обміні належить ферментам (катализаторам), присутнім у всіх живих клітинах і здійснює перетворення речовин в організмі, направляючи й регулюючи тим самим його обмін речовин. Численні біохімічні реакції в клітинах здійснює величезну кількість різних ферментів. Токсичність тих чи інших АХНР полягає в хімічній взаємодії між ними та ферментами, що призводить до гальмування або припинення життєвих функцій організму. Повне придушення тих чи інших ферментних систем викликає загальне ураження організму, а в деяких випадках його загибель.

Найчастіше порушення в організмі проявляються у вигляді гострих і хронічних отруєнь, що відбуваються в результаті інгаляційного надходження АХНР в організм людини. Цьому сприяють велика поверхня легеневої

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тканини, швидкість проникнення АХНР в кров, підвищена легенева вентиляція і посилення кровотоку в легенях при роботі, особливо фізичної.

Екологічні наслідки аварій та катастроф на об'єктах з хімічною технологією визначаються процесами поширення шкідливих хімічних речовин у навколишньому середовищі, їх міграцією в різних середоутворюючих компонентах і тими змінами, які є результатом хімічних перетворень. Ці перетворення в свою чергу викликають зміни умов і характеру тих чи інших природних процесів, порушення в екосистемах.

#### **12.4 Способи та заходи щодо захисту робочих та службовців від дії СДОР**

Протихімічний захист це комплекс заходів проводиться з метою запобігти або послабити вплив на людей хімічної обстановки. На об'єктах народного господарства заходами протихімічного захисту керує начальник штабу Цивільного захисту . Непосередственным проведенням заходів на об'єктах займаються спеціальні служби ЦЗ.

Завдання протихімічного захисту:

- 1) своєчасне виявлення ознак хімічного зараження і оповіщення робочих та службовців про небезпеку;
- 2) захист населення, тварин, продуктів харчування, питної води, матеріальних і культурних цінностей;
- 3) ліквідація наслідків хімічного зараження.

Режими протихімічного захисту:

- 1) застосування засобів індивідуального захисту, припинення роботи з укриттям населення захисних спорудах;
- 2) застосування засобів індивідуального захисту та продовження роботи;
- 3) висновок і вивіз населення із зон хімічного зараження.

Хімічний контроль є складовою частиною комплексу заходів протихімічного захисту і проводиться з метою оцінки працездатності особового складу формувань ЦЗ, робітників і службовців та визначення

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порядку їх використання, обсягів медичної допомоги на етапі евакуації, необхідності та обсягу санітарної обробки людей, дегазації устаткування, техніки, транспортних засобів, засобів індивідуального захисту одягу та ін, можливість використання продуктів харчування, води, фуражу, що опинився в зонах хімічного зараження та ін.

Хімічний контроль організується штабом і службами цивільної оборони об'єкта і проводиться різними командирами формувань і силами розвідувальних підрозділів групами (ланками) хімічної і загальної розвідки, розвідниками-хіміками формувань ЦЗ. Визначення ступеня зараження продуктів харчування, води, фуражу та іншого проводиться хімічними лабораторіями Цивільної оборони.

Хімічний контроль проводиться для визначення ступеня зараження СДОР (ШР) коштів індивідуального захисту, продовольства, води, фуражу, а також місцевості і повітря. На підставі хімічного контролю визначається можливість дії людей без засобів індивідуального захисту повнота дегазації техніки і споруд, знезараження продовольства, води та ін.

Хімічний контроль проводиться за допомогою приладів хімічної розвідки (ВПХР, ПХР-МВ, ППХР), а також об'єктових і польових хімічних лабораторій.

Своєчасно організований і правильно проведений хімічний контроль допоможе забезпечити збереження життєдіяльності і працездатності людей.

Основні способи захисту робочих та службовців в умовах хімічного зараження:

- 1) оповіщення про небезпеку хімічного зараження;
- 2) укриття в захисних спорудах (сховищах);
- 3) використання засобів індивідуального захисту (протигазів і засобів захисту шкіри);
- 4) дотримання режимів поведінки (захисту) на заражених територіях;
- 5) евакуація людей із зони зараження;

б) санітарна обробка людей, дегазація одягу, територій, споруд, транспортних засобів, техніки і майна.

При загрозі або при виникненні аварії на хімічно небезпечному об'єкті відповідно до заздалегідь розробленими планами проводиться оповіщення працюючого персоналу і що проживає поблизу населення. Населення за сигналом надіває засоби захисту органів дихання і виходить із зони ураження в указаний район.

Організовується розвідка, яка встановлює місце аварії, вид СДОР (ОР), ступінь зараженості території, повітря, стан людей у зоні зараження, кордони зон зараження, напрям і швидкість вітру в приземному шарі і напрямок поширення повітря.

Що встановлює оточення зон зараження і організується регулювання руху. Уражені після надання їм допомоги доставляються в незаражений район, а при необхідності до лікувальної установи. Продукти харчування і вода, що опинилися в зонах зараження, піддаються перевірці на зараження, після чого приймається рішення на їх дегазацію або знищення.

При виконання режимів слід пам'ятати, що чим швидше люди покинуть заражену місцевість тим менше вірогідність їх ураження.

Долати заражену територію слід швидко, намагаючись не піднімати пил і не торкаючись до оточуючих предметів. На зараженій території не можна палити, вживати їжу, пити воду.

При виявленні на шкірі (руках, шиї) крапель ШР (СДОР) слід обробити ці місця рідиною з ППІ.

Після виходу з району зараження необхідно пройти санітарну обробку зі зміною білизни, а при необхідності всього одягу.

## 13 ЕКОНОМІКА

Метою даного розділу є техніко-економічне оцінювання рибного холодильника місткістю 2500 тонн у місті Одеса і доведення економічної доцільності пропонованого варіанту.

Господарсько-виробнича діяльність на будь-якому підприємстві пов'язана зі споживанням сировини, матеріалів, палива, енергії, з виплатою заробітної плати, відрахуванням платежів на соціальне та пенсійне страхування працівників, нарахуванням амортизації, а також з рядом інших необхідних витрат. За допомогою процесу звернення ці витрати постійно відшкодовуються з виручки підприємства від реалізації продукції (робіт, послуг), що забезпечує безперервність виробничого процесу. Для підрахунку суми всіх витрат підприємства їх приводять до єдиного показника, представляючи для цього в грошовому вираженні. Таким показником і є собівартість. Визначення собівартості продукції - одна з основних облікових функцій. Однак підприємство несе і безпосередні витрати, які непов'язані з випуском продукції (робіт, послуг) і в собівартість, як правило, не включаються.

Успіх підприємства залежить від інформації про формування собівартості з кількох причин:

- 1) витрати на виробництво продукції виступають найважливішим елементом при визначенні адекватної, справедливої і конкурентоспроможної продажної ціни;
- 2) інформація про собівартість продукції часто лежить в основі прогнозування і управління виробництвом і витратами;
- 3) знання собівартості необхідно для визначення сальдо матеріальних рахунків на кінець звітного періоду.

Ціна продукції та ціноутворення

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення попиту та пропозиції має на увазі вплив ціни на обсяг про - дажу. Потрібно постійно вивчати попит: якщо попит на товар збільшується, то підвищується ціна на цей товар, і навпаки.

Ціна реалізації як і ціна закупівлі буде залежати від багатьох факторів, насамперед від урожайності та рівня попиту і пропозицій. У міру збільшення терміну зберігання (при збереженні товарного вигляду і споживчих якостей продукції) ціна буде збільшуватися з метою зменшення закупівельної ціни переважно укладання прямих довгострокових договорів з фермерськими господарствами.

Ціна є одним з ключових елементів ринкової економіки. Це складна економічна категорія, зумовлена товарним виробництвом, при якому економічні відносини проявляються, головним чином, через ринок. В економічній літературі існує кілька визначень даного поняття. Ціна є грошове вираження вартості товару. Вартість визначається витратами праці на виробництво товару, тобто має трудову природу.

Ціна - ринковий фактор, що знаходиться під впливом ринкових законів: попиту і пропозиції, конкуренції, монополізації.

За класичною схемою можливі наступні варіанти:

1) якщо попит перевищує пропозицію (ринок споживача), то ціна збільшується, і навпаки, якщо попит дорівнює пропозиції, то встановлюється рівноважна ціна;

2) конкуренція між продавцями (ринок споживача) веде до зниження ціни і її на певному рівні; конкуренція між покупцями (ринок виробника) викликає зростання ціни;

3) монополізація обертається встановленням завищених цін на продані монополіями товари і занижених на куповані її товари.

Сукупність цін з урахуванням їх формування та зміни діє як ціновий механізм, який складається з 2 частин:

1) Ціни, їх види, структура, величина, динаміка зміни;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Ціноутворення – це спосіб формування нових цін і заміна діючих.

Ціноутворення виступає частиною цінового механізму, яка зумовлює величину цін. При формуванні ціни існують певні межі:

- нижня межа ціни, нижче якого продавець не може знизити ціну і продати товар, тому що отриманий від продажу дохід не компенсує вкладених у виробництво засобів;

- верхня межа, обумовлена платоспроможністю покупця та його готовність купити товар.

Сутність ціни проявляється в їхніх функціях. Опції цін обумовлені функціями грошей, тому що без грошей немає цін, а гроші без цін не мають економічного сенсу.

### 13.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення в холодильний об'єкт

$$K_x = K_{об} + K_{буд} + K_{сп} + K_{ком}, грн \quad (13.1)$$

де  $K_{об}$ ,  $K_{буд}$ ,  $K_{сп}$ ,  $K_{ком}$  – капітальні вкладення відповідно в холодильне обладнання, будівлі, споруди, комунікації.

$K_c$  – супутні капітальні вкладення не враховують, на не передбачені роботи по модернізації і реконструкції холодильного обладнання.

$K_n$  – вартість проектних робіт складає 20% від вартості обладнання і будівельних робіт.

$$K = K_x + K_n, грн \quad (13.2)$$

Крім вартості обладнання в капітальні вкладення включають і транспортні витрати (5÷10% від вартості обладнання) та затрати на монтажні і пуско-налагоджувальні роботи (10÷20% від вартості обладнання).

Вартість будівельних робіт визначається по формулі:

$$K_c = F \cdot h \cdot Ц_v, грн \quad (13.3)$$

де:  $F$  – виробнича площа,  $m^2$ ;

$h$  – висота приміщення,  $m$ ;

$Ц_v$  – середня вартість  $1m^3$ .

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати зводимо в таблицю:

$$K_c = F \cdot h \cdot C_v = 960 \cdot 6 \cdot 2000 = 11520000 \text{ грн}$$

Таблиця 13.1-Капітальні вкладення в проект

№ п/п	Найменування Обладнання	К-сть Одиниць	Ціна	Загальна сума
1	2	3	4	5
1	Компресор АД-55	4	110000	440000
2	Промсосуд 80ПСз	4	42300	169200
3	Повітроохолодник ВОП-100	16	66083	1057330
4	Ресивер лінійний 0,75 РД	1	29000	29000
5	Ресивер циркуляційний 1,5 РДВ	1	93300	93300
6	Ресивер циркуляційний 2,5 РД	1	103700	103700
7	Ресивер дренажний 0,75 РД	1	25000	25000
8	Насос аміачний ЦНГ-70М-1	4	54600	218400
9	Конденсатор 50 КВИ (А)	3	84000	252000
10	Маслозбірник 300 СМ	1	19000	19000
11	Водяний насос К80-50-200	3	11000	33000
12	Масловіддільник 50 ОММ	2	21000	42000
Всього вартість обладнання				2455830
Транспортні витрати (6%)				147350
Затрати на монтаж обладнання (15%)				368375
Вартість будівельних робіт				11520000
Вартість проектних робіт (20% від вартості обладнання та будівельних робіт)				2795166
Всього				18054534

Продовження таблиці 13.1- Капітальні вкладення в проект

### 13.2 Розрахунок експлуатаційних витрат і собівартості виробництва холоду

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

Визначимо вироблення холоду в стандартних умовах:

$$Q_{0ct} = \sum Q_{0роб} \cdot k \cdot t \cdot n \text{ мДж} \quad (13.4)$$

де:  $Q_{0роб}$  - холодопродуктивність компресорів в робочих умовах, кВт;

$k$  - коефіцієнт переведення з робочих умов в стандартні (500-6000);

$t$  - фонд часу роботи установки, год;

$n$  - кількість компресорів даного типа

$$Q_{0-33} = 219,5 \cdot 1,07 \cdot 5000 \cdot 2 = 2348650 \text{ мДж}$$

$$Q_{0-40} = 186,8 \cdot 1,2 \cdot 5000 \cdot 2 = 2241600 \text{ мДж}$$

$$Q_{0ct} = 2348650 + 2241600 = 4591000 \text{ мДж}$$

Витрати на експлуатацію холодильної системи  $C$  складаються з наступних витрат:

$$C = C_m + C_e + C_z + C_a + C_v + C_{in} \quad (13.5)$$

1) Витрати на матеріал і воду  $C_m$  визначаються за формулою:

$$C_m = \sum_{i=1}^n G_{mi} \cdot C_{mi} \quad (13.6)$$

де:  $n$  – кількість видів матеріалів, що витрачаються;

$G_{mi}$  – витрати і-го матеріалу при експлуатації холодильної системи, кг/рік;

$$G_{m1} = Q_{0ct} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 4591000 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 3214 \text{ кг / рік} (3,22 \text{ т / рік}) \quad (13.7)$$

$$C_{mi} = 3000 \text{ грн / т}$$

де:  $0,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг / год}$  – норма витрат аміаку на 1 мДж холоду при безпосередньому охолодженні.

$$C_m = G_{mi} \cdot C_{mi} = 3,214 \cdot 3000 = 9642 \text{ грн}$$

Витрати на масло (ХА – 30)

$$G_{m2} = \frac{(q_m \cdot z \cdot t) \cdot t / t^2}{1000}$$

(13.8)

де  $z$  - сумарна кількість циліндрів компресорів, 16;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$q_m$  - норма годинної витрати масла на 1 циліндр,  $q_m=0,015$ кг/ч (для гвинтових  $q_m = 0,12$ кг/ч на один компресор);

$t$  - річний час роботи компресора, 5000час;

$t'$  - нормативний час через яке повинен мінятися масло, 12000ч;

$$C_{m_2} = G_{m_2} \cdot \Pi_{m_2}$$

де  $\Pi_m$  - вартість 1т змащувальних матеріалів (16000 грн/т).

$$G_{m_2} = \frac{(0.015 \cdot 16 \cdot 5000) \cdot 5000 / 12000}{1000} = 0.5t$$

$$C_{m_2} = 0,5 \cdot 16000 = 8000 \text{ грн}$$

невраховані витрати (0,5% від попередніх)

$$C_{m_3} = 0,005 \cdot (9642 + 8000) = 88,2 \text{ грн} \quad (13.9)$$

Тоді сумарні затрати на матеріали будуть рівні:

$$C_m = 9642 + 8000 + 88,2 = 17730 \text{ грн / рік}$$

2) Витрати на електроенергію  $C_e$  для компресорної холодильної установки з електроприводом визначаємо по формулі:

$$C_e = N_y \cdot \eta_3 \cdot \eta_m \cdot \eta_a \cdot h \cdot \Pi_c \quad (13.10)$$

$\eta_3, \eta_m, \eta_a$  – коефіцієнти завантаження електродвигунів по потужності враховуючи втрати електроенергії на привід додаткових механізмів холодильної системи ( $\eta_3 = 0,85; \eta_m = 0,9; \eta_a = 0,75$ )

$h$  – фонд часу роботи холодильної системи на підприємстві, год/рік.

$$h = 5000 \text{ год / рік};$$

$\Pi_c$  – вартість електроенергії, спожитої на підприємстві:

$$\Pi_c = 0,8 \text{ грн / (кВт} \cdot \text{год)} .$$

Таблиця 13.2-Витрати на електроенергію

№ п/п	Найменування обладнання	К-сть одиниць	Фонд робочого часу	$N_y$ кВт	$N_{ном}$ кВт / год	Коефіцієнт завантаження
1	Компресор АД-55	4	5000	220	935000	0,85

2	Повітроохолодник ВОП-100	16	5000	48	216000	0,9
3	Насос аміачний ЦНГ-70М-1	4	5000	11,2	42000	0,75
4	Водяний насос К80-50-200	3	5000	9	33750	0,75

По формулі знайдемо:

$$C_e = N_{nom} \cdot C_c, \text{грн} \quad (13.11)$$

- аміачні насоси ЦНГ-70М-1-4 шт.

$$N_y = 4 \cdot 2,8 = 11,2 \text{ кВт}$$

- компресорні агрегати АД-55-4 шт.

$$N_y = 4 \cdot 55 = 220 \text{ кВт}$$

- повітроохолоджувач ВОП-100-16 шт.

$$N_y = 3 \cdot 16 = 48 \text{ кВт}$$

- водяні насоси К80-50-200-3 шт.

$$N_y = 3 \cdot 3 = 9 \text{ кВт}$$

$$\sum N_y = 11,2 + 220 + 48 + 9 = 288,2 \text{ кВт} \quad (13.12)$$

3) Знаходимо потужність, споживану електродвигунами та допоміжного обладнання

$$N_{nom} = N_y \cdot \eta \cdot h, \text{ кВт / год} \quad (13.13)$$

Где  $\eta$  - коефіцієнт завантаження електродвигунів за потужністю;

-аміачні насоси ЦНГ-70М-1

$$N_{nom} = 11,2 \cdot 0,75 \cdot 5000 = 42000 \text{ кВт / год}$$

- компресорні агрегати АД-55

$$N_{nom} = 220 \cdot 0,85 \cdot 5000 = 935000 \text{ кВт / год}$$

- повітроохолоджувач ВОП-100

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

$$N_{nom} = 48 \cdot 0,9 \cdot 5000 = 216000 \text{ кВт / год}$$

- водяні насоси К80-50-200

$$N_{nom} = 9 \cdot 0,75 \cdot 5000 = 33750 \text{ кВт / год}$$

$$\sum N_{nom} = 42000 + 935000 + 216000 + 33750 = 1226750 \text{ кВт / год}$$

$$C_e = 1226750 \cdot 0,8 = 981400 \text{ грн / рік}$$

Заробітна плата виробничих працівників:

Таблиця 13.3-Зарплата виробничих працівників

Посада	Кількість співробітників	Ставка, грн/міс	Річна з/п, грн
Начальник	1	3500	42000
Економіст	1	2000	24000
Начальник компресорного цеху	1	2500	30000
Машиніст	5	1800	108000
Слюсар-ремонтник	2	1500	36000
Механік	2	2000	48000
Вантажник	2	1450	34800
Охоронець	1	1800	21600
Прибиральниця	1	1250	15000
Всього			359400

Собівартість амортизаційних відрахувань

$$C_a = H_{об} \cdot K_{об} + H_{б} \cdot K_{б}, \text{ грн} \quad (13.14)$$

де:  $H_{об}, H_{б}$  – норма амортизаційних відрахувань відповідно для обладнання і будівлі, % (можна прийняти 15% та 5%)

$K_{об}, K_{б}$  – вартість відповідного обладнання і будівлі, грн.

$$C_a = 0,15 \cdot 2455830 + 0,05 \cdot 11520000 = 944375 \text{ грн}$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_p = 0,05 \cdot K_{об} + 0,02 \cdot K_{б} = 0,05 \cdot 2455830 + 0,02 \cdot 11520000 = 353192 \text{ грн} \quad (13.15)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

3) Інші витрати складають 10% від суми експлуатаційних витрат.

$$C_{in} = 0,1 \cdot (C_m + C_e + C_z + C_a + C_6), \text{ грн} \quad (13.16)$$

$$C_{in} = 0,1 \cdot (17730 + 981400 + 359400 + 944375 + 353192) = 2656097 \text{ грн}$$

Таблиця 13.4-Структура собівартості виробництва холоду

Стаття витрат	Сума, грн.
Матеріали	17730
Електроенергія	981400
Заробітна плата з нарахуванням	359400
Амортизація та цехові витрати	944375
Витрати на поточний ремонт	353192
Невраховані витрати	2656097
Всього	2921868

Собівартість одиниці холоду  $C_o$  (в грн. за 1 мДж):

$$C_o = \frac{C}{Q} = \frac{2921868}{4591000} = 0,64 \text{ грн} \quad (13.17)$$

### 13.3 Розрахунок економічного ефекту та маркетинговий аналіз

$$\Pi = [C_p \cdot V \cdot (1 - \gamma) - (C_z \cdot V + C)] \cdot K_n \cdot T, \text{ грн} \quad (13.18)$$

де:  $C_p$  – ціна реалізації,  $C_p = 28750$  грн/т ;

$V$  – ємність холодильника, 1000(т);

$\gamma$  – коефіцієнт урахування втрат продукції,  $\gamma = 3\%$  ;

$C_z$  – вартість закупки продукції,  $C_z = 20000$  грн/т;

$C$  – сумарні річні витрати холодильного виробництва,  $C = 2921868$  грн

$T$  – річний товарообіг холодильника,  $T = 2$ ;

$K_n$  – коефіцієнти врахування зменшення прибутку,  $K_n = 0,81$

$$\Pi = [28750 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,03) - (20000 \cdot 1000 + 2921868)] \cdot 0,81 \cdot 2 = 8044000 \text{ грн}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{18054534}{8044000} = 2,244 \quad (13.19)$$

Коефіцієнт рентабельності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{8044000}{18054534} = 0,446 \quad (13.20)$$

Таблиця 13.5-Техніко-економічні показники проекту

№ п/п	Показники, одиниця виміру	Величина
1	Місткість холодильника, т.	2500
2	Кількість компресорів, шт.	4
3	Встановлена потужність електродвигунів, <i>кВт</i>	288,2
4	Споживана потужність <i>кВт/год</i>	1226750
5	Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	16
6	Капітальні вкладення, грн.	18054534
7	Вартість виробництва 1мДж холоду, грн.	0,64
8	Експлуатаційні витрати, грн.	2921868
9	Прибуток підприємства, грн.	8044000
10	Термін окупності, рік	2,24
11	Коефіцієнт рентабельності, %	0,45

Висновок:

За результатами розрахунків проведених в даному розділі термін окупності капітальних вкладень дорівнює 2,24 роки, а рентабельність проекту 0,45 , що є в межах норми. Це означає, що даний проект доцільно будувати.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи проектування холодильників. Навчальний посібник. Мнацаканов Г.К.,Одеса .- 2004.
2. Курсове і дипломне проектування холодильних установок і систем кондиціонування повітря. Явнель Б.К; Свердлов Г.З. -М.: Харчова промисловість.1978р.-264 с.
3. Застосування холоду в харчовій промисловості. Холод в рибній і харчовій промисловості. Биков А.В.-М.:Харчова промисловість.1979р.153с.
4. Холодильні установки. Проектування. Чумак та ін..Одеса .- 2007.
5. Проектування холодильних споруд. Биков А.В. -М.: Харчова пром., 1978.-256 с.
- 6.Богданов С.Н., Іванов О.П., Купріянова А.В. Холодильна техніка. Властивості речовин – М.; Агропромвидат; Видання 3-е,1985.-208с.
7. Холодильні спорудження рибної промисловості. Канн В.В.,Матвеев М.
8. Холодильні установки. Курильов Е.С. Ленінградське відділення.-1980.
9. Холодильні установки. Підручник. Чумак та ін.. Одеса.-2006.
- 10.Холодильні машини і апарати. Каталог. Частина 3. ВНИИХОЛОДМАШ.,1976 р.,Москва.
11. Технологічне обладнання для підприємств м'ясної, птихо перероблювальної та молочної промисловості. Том 1. Частина 4. «Технологічне обладнання».Агро НИИТЭИИТО.
12. Дем'яненко Ю.И., Алексеева О.М. Методичні вказівки щодо виконання розділу „Охорона праці” при дипломному проектуванні для студентів спеціальностей 7.0905.04, 7.0806.11, 7.0925.01, 7.0804.02. ОДАХ, Одеса , 1996.
13. Підручник для машинобудівних вузів / Е.Я. Юдін, С.В. Белов, С.К. Баланцов та ін.; Під ред. Є.Я. Юдіна, С.В. Белова - 2-е вид. оформлені. і доп. - М.: Машинобудування, 1983.- 432с.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Лист
						109
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Внутрішні санітарно-технічні пристрої. Вентиляція та кондиціонування повітря. Під ред.. Н.Н.Павлова, Ю.І. Шиллера – 4-те вид.- М: Стройіздат, 1992.-416 с.

15. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: навчальний посібник/ Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістук І.П.- 4-те вид.- Суми: Університетська книга, 2011.-540с.

16. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Підручник.До. Знання – Прес.2003.- 455с.

17. Франчук В.С. Цивільна оборона. Підручник. – Львів. Афіша, 2001 – 336 с.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.1.5	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		