

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність № 142

«Енергетичне машинобудування»

ОПШ: «Монтаж і обслуговування

холодильно-компресорних

машин та установок»

Група: МХ-188

Дипломний проект

здобувача освіти заочного відділення
МХ 188. 003. 000 ДП

Балана Андрія
Григоровича

м. Одеса - 2025 р.

Спеціальність 142
«Енергетичне машинобудування»
ОПП: «Монтаж і обслуговування
холодильно-компресорних машин та
установок»
Група МХ-188

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА МХ 188. 003. 000 ДП

До дипломного проекту на тему:
Розробка морозильного апарату конвексного типу, продуктивністю 250
кг/годину м'ясопродуктів та м'яса.


Проектний матеріал складається з пояснювальної записки
на 63 сторінках та графічного матеріалу на 3 аркушах.


Дипломник  (Балан А.Г.)

Керівник проекту  (Бригадир Л.Г.)

Консультанти:

з економічної частини  (Шимко О.В.)

з будівельної частини  (Волянська С.В.)

з охорони праці  (Чорновол Н.І.)

по дотриманню
вимог ЄСКД  (Волянська С.В.)

До захисту допущено
Голова предметної комісії  (Беркань Ір. В.)

Завідуючий відділенням  (Бригадир Л.Г.)

Захист "21" 06 2023 р. Протокол ЕК № 01/188/3

Оцінка ЕК 4 (добре)

Секретар ЕК  Хохин С.П.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1.ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	
1.1 Призначення і технічна характеристика об'єкта.....	
1.2 Вихідні данні.....	
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	
2.1 Характеристика швидкокопсувних продуктів.....	
2.2 Обґрунтування вибору температурного режиму зберігання	
3 РОЗРОХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	
3.1 Розрахункові дані	
3.2 Розрахунок будівельних площ.....	
3.3 Вимоги до планування.....	
3.4 Планування холодильника	
3.5 Розрахунок ізоляції огорожень	
3.6 Тепловий розрахунок.....	
3.7 Визначення навантаження на компресор і камерне устаткування	
3.8 Вибір температурних режимів роботи холодильної машини	
3.9. Побудова циклів холодильної машини зняття параметрів вузлових точок...	
3.10 Тепловий розрахунок і добір компресорів.....	
3.11 Тепловий розрахунок і добір конденсаторів.....	
3.12 Розрахунок і добір камерного устаткування.....	
3.13 Розрахунок та вибір допоміжного устаткування.....	
3.14 Визначення діаметру трубопроводів холодильної установки.....	
4.ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА.....	
4.1 Організація монтажу, експлуатація, ремонту та холодильного обладнання	
4.2 Автоматизація холодильної установки.....	
5 . ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
7. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	

					<i>МХ 188.003.000.00 ДП.ПЗ</i>			
Зм	А	№ докум.	Підп	Дат	Розробка морозильного апарату конвеєрного типу, продуктивністю 250 кг/годину м'ясопродуктів та м'яса.	Літ.	Арку	Аркушів
Розроб	Балан							
Переві	Бригадир Л.Г							
Н.конт	Волянська С					ВСП «ОТФК ОНТУ» <i>МХ-188</i>		
Затв.	Беркань Ір.В							

ВСТУП

Загальна тенденція розвитку харчової промисловості в Україні та світі спрямована на автоматизацію виробництва, підвищення енергоефективності та забезпечення стабільної якості продукції, що відповідає міжнародним стандартам. У цьому контексті модернізація технологічного обладнання, зокрема морозильних установок, набуває стратегічного значення. Створення ефективного морозильного апарату конвеєрного типу дозволяє не лише покращити якість м'ясопродуктів, а й оптимізувати виробничі витрати, зменшити втрати сировини, забезпечити гнучкість виробничих процесів.

Особливої актуальності набуває питання збереження якості м'ясопродуктів при швидкому заморожуванні. Завдяки інтенсивному теплообміну у високоефективних морозильних апаратах утворюються дрібні кристали льоду, що зберігає клітинну структуру продукту, запобігає втраті соку при розморожуванні та, відповідно, сприяє збереженню природних смакових властивостей. Це має вирішальне значення для подальшого використання м'ясопродуктів у кулінарному виробництві та забезпечення споживчого попиту на якісну продукцію.

Проєкт також передбачає розробку схеми автоматизованого керування процесом заморожування, що дозволить підтримувати сталу температуру, швидкість конвеєра та інші параметри, необхідні для досягнення заданої продуктивності 250 кг/год при збереженні енергоощадного режиму роботи. Інтеграція таких технологій підвищує рівень контролю над процесом та мінімізує людський фактор, що особливо важливо для великих виробництв.

Таким чином, реалізація даного дипломного проєкту спрямована на створення конкурентоспроможного вітчизняного обладнання, яке може бути впроваджене у виробництво на підприємствах різного масштабу. Проєкт має прикладне значення і є вагомим внеском у розвиток вітчизняного машинобудування для харчової промисловості.

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливого значення набуває ефективна технологія зберігання та обробки м'ясопродуктів. Одним із

					MX188.003.000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найважливіших етапів у виробництві та реалізації м'яса є процес заморожування, що дозволяє зберігати якість, харчову цінність та безпечність продукції протягом тривалого часу. Заморожування м'яса є не лише методом консервування, але й важливим технологічним інструментом для забезпечення гнучкості логістичних і виробничих процесів.

Одним з найефективніших технічних засобів для реалізації процесу заморожування в промислових масштабах є морозильні апарати конвеєрного типу. Вони дозволяють організувати безперервний технологічний процес, оптимізувати виробничі потоки, знизити трудомісткість процесу та підвищити загальну продуктивність підприємства. Використання такого обладнання є доцільним при обробці великих обсягів м'ясопродуктів, особливо у підприємствах середньої та великої потужності.

Морозильні апарати конвеєрного типу широко застосовуються у промислових умовах завдяки їх здатності забезпечувати безперервне, високопродуктивне заморожування великого обсягу продукції при мінімальних витратах праці. Такі установки особливо актуальні для підприємств, що спеціалізуються на переробці м'яса та виготовленні м'ясопродуктів, оскільки вони дозволяють автоматизувати процес, зменшити тривалість заморожування і зберегти якість продукту.

Розробка такої установки спрямована на підвищення енергоефективності, зменшення витрат на експлуатацію, а також забезпечення стабільної якості готової продукції при дотриманні санітарно-гігієнічних норм. Результати дипломного проекту можуть бути використані як на стадії проектування нового холодильного обладнання, так і при модернізації існуючих морозильних ліній на підприємствах м'ясопереробної галузі.

Метою даного дипломного проекту є розробка морозильного апарату конвеєрного типу продуктивністю 250 кг/год, призначеного для заморожування м'яса та м'ясопродуктів у промислових умовах. У процесі проектування буде здійснено вибір оптимального типу холодильного обладнання, розрахунок теплового навантаження, підбір основних конструктивних елементів та обґрунтування режимів роботи апарату. Особлива увага приділяється

					MX188.003.000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективності установки, дотриманню санітарно-гігієнічних вимог та забезпеченню стабільної якості замороженої продукції.

Результати проєкту можуть бути використані як основа для впровадження нових або модернізації існуючих морозильних ліній на м'ясопереробних підприємствах, що сприятиме підвищенню продуктивності, економічності та конкурентоспроможності виробництва.

З огляду на зростаючі вимоги до енергоефективності та екологічної безпеки виробництва, при розробці морозильного апарату передбачається використання сучасних холодоагентів, що відповідають міжнародним нормам, а також енергоощадних компонентів системи охолодження. Особливу увагу буде приділено підбору ізоляційних матеріалів, способам мінімізації теплових втрат та підвищенню ефективності тепломасообміну у зоні заморожування.

Проєктування апарату буде здійснено з урахуванням гігієнічних вимог, передбачених нормативно-технічною документацією (ДСанПіН, НАССР тощо), а також умов ергономіки та безпеки обслуговування. Конструкція установки передбачатиме можливість легкого очищення, технічного обслуговування та адаптації під різні типи м'ясопродуктів.

Таким чином, реалізація даного дипломного проєкту дозволить вирішити ряд актуальних завдань у сфері м'ясопереробки, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного обладнання та забезпечить стабільну якість продукції при оптимальному рівні енергоспоживання. Результати проєкту можуть знайти практичне застосування на м'ясопереробних підприємствах, холодильних комбінатах, у цехах швидкого заморожування, а також слугувати основою для подальших науково-технічних розробок у сфері промислового холоду.

					MX188.003.000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Техніко-економічне обґрунтування проекту

Актуальність проекту

Сучасні підприємства м'ясопереробної галузі висувають жорсткі вимоги до обладнання, що використовується у виробництві. Морозильні апарати повинні забезпечувати високу продуктивність, стабільну якість заморожування, енергоефективність і відповідність санітарно-гігієнічним нормам. Використання морально застарілих або малопродуктивних установок призводить до значних втрат енергії, часу та якості продукції. Тому впровадження сучасного морозильного апарату конвеєрного типу дозволить оптимізувати виробничі процеси, скоротити витрати та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Розроблений у межах даного проекту апарат призначений для безперервної роботи в автоматизованих виробничих лініях. Його застосування дозволяє знизити трудові витрати, покращити санітарні умови праці, скоротити час заморожування та підвищити якість кінцевої продукції.

Очікувані технічні переваги

Підвищена продуктивність: апарат здатен заморожувати до 250 кг/год м'ясопродуктів, що забезпечує відповідність середнім потребам м'ясопереробних підприємств.

Енергозбереження: використання ефективних теплообмінників, якісної термоізоляції та сучасних холодоагентів зменшує питомі витрати енергії.

Універсальність: можливість адаптації обладнання під різні типи м'ясопродуктів та виробничі умови.

Автоматизація: забезпечення сталого режиму заморожування з мінімальним впливом людського фактора.

Санітарна безпека: виконання з харчової нержавіючої сталі, наявність системи легкого очищення та розморожування випарника.

					MX 188.003.001 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічна доцільність

Проект передбачає порівняно невисокі капіталовкладення для підприємств середнього рівня виробництва. Орієнтовна собівартість виготовлення морозильного апарата становить:

Табл. 1

Стаття витрат	Орієнтовна вартість, грн
Матеріали (корпус, ізоляція, конвеєр)	280 000
Холодильна установка з компресорно-конденсаторним агрегатом	210 000
Система автоматики і керування	60 000
Монтаж і налаштування	50 000
Разом (без ПДВ)	600 000

Окупність проекту — при щоденній роботі 8 год/день і середній вартості заморожування продукції (в т. ч. з урахуванням збереження якості) економія на втрати та підвищена якість дозволяють окупити установку протягом **1,5–2 років**.

Табл. 2 Порівняння з аналогами

Показник	Проектований апарат	Іноземний аналог	Вітчизняний старий зразок
Продуктивність, кг/год	250	250–300	150–200
Споживання енергії, кВт/год	~22	~26	~30
Вартість, грн	~600 000	>1 000 000	~400 000
Рівень автоматизації	Сучасний	Сучасний	Мінімальний
Сервіс та ремонт	Доступний	Складний	Обмежений

Проектований апарат вигідно відрізняється від старих моделей за продуктивністю, енергоспоживанням та можливістю адаптації, при цьому він значно дешевший за імпортні зразки при схожих технічних характеристиках.

					MX 188.003.001 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Розробка морозильного апарату конвеєрного типу з продуктивністю 250 кг/год є технічно обґрунтованою та економічно доцільною. Вона відповідає сучасним вимогам до енергозбереження, якості продукції та ефективності виробництва. Реалізація проєкту дозволить забезпечити підприємства галузі ефективним, надійним та конкурентоспроможним обладнанням вітчизняного виробництва.

					MX 188.003.001 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 ТЕХНОЛОГІЯ ОХОЛОДЖЕННЯ М'ЯСА І М'ЯСОПРОДУКТІВ

При холодильній обробці та зберіганні у харчових продуктах відбуваються складні процеси і явища, які призводять до змін їх вихідної якості.

Холодильна технологія харчових продуктів складається із обробки холодом – охолодження або заморожування і наступної дії холоду при зберіганні охолоджених або заморожених продуктів. До холодильної технології деяких харчових продуктів належить також відтеплення і розморожування їх при випуску із холодильника

Основною метою холодильної технології харчових продуктів є збереження якості і початкових їх властивостей . Окрім того , холодильна технологія повинна забезпечити подовження строків зберігання харчових продуктів при самих незначних втратах у вазі від усушки, без помітного погіршення смаку і зовнішнього вигляду.

Застосування природного (зимового) холоду для зберігання харчових продуктів відомо людині дуже давно. Однак холодильна технологія харчових продуктів , як окрема галузь холодильної техніки , що використовує для обробки харчових продуктів штучний холод,нараховує приблизно сто років свого існування .

Харчові продукти, які обробляють холодом , поділяються на продукти тваринного походження – м'ясо різних тварин , яйця і молоко, і рослинного походження – плоди , деякі овочі та ін. При переробці вказаних продуктів одержують ковбасні вироби, яечний меланж, масло , фруктові соки та інші продукти , які також потребують застосування холоду .

На стійкість харчових продуктів при зберіганні впливає їх хімічний склад і, головним чином , вміст води , мінеральних речовин , жирів ,білків і вуглеводів . Вода міститься в значній кількості у всіх продуктах у вільному і зв'язаному вигляді. Соки харчових продуктів – це водні розчини деяких мінеральних солей . Вони містять також цукор і білкові речовини .

					MX 188.003.002 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінеральні речовини містяться у кістках у вигляді розчинних солей натрію , кальцію , калію та ін. Ці солі знижують температуру замерзання соку продуктів нижче 0°С .

Жири. Не всі жири однаково стійкі при зберіганні . Під дією кисню вони окислюються – стають масними і прогіркають.

Білки або азотисті речовини, є основною частиною тваринних м'язів і рослинних клітин і мають досить складну будову. Існуючі у природі білки , відрізняються один від одного хімічними і фізичними властивостями внаслідок вмісту амінокислот у різному кількісному і якісному поєднанні .

Всі білки, як високомолекулярні речовини ,є колоїдами і стійкість їх залежить від ступеню дисперсності .

Вуглеводи становлять значну частину продуктів рослинного походження і складаються головним чином з клітковини і цукрів. До вуглеводів належать всі прості цукри (глюкоза, фруктоза , лактоза та ін.), а також речовини , які можуть бути перетворені у них шляхом гідролізу .

Важливе значення для харчування і здоров'я людини мають вітаміни (А,В1, В2, С, D, РР та ін.) , які містяться в деяких продуктах рослинного і тваринного походження , наприклад вітамін А- у зелених частинах рослин, у овочах , а також у риб'ячому жирі та молоці ; вітамін С (аскорбінова кіслота) –переважно у плодах і овочах.

					МХ 188.003.002 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ

Охолодження харчових продуктів складається з відводу від них тепла та зниження температури до початку затвердіння соків. Кінцева температура охолоджених продуктів знаходиться вище точки затвердіння їх соків і зазвичай лежить у межах від 0 до 5°C.

На процес охолодження продукту впливають такі чинники:

1. Його фізичні властивості
2. Геометрична форма і його товщина
3. Величина і стан поверхні
4. Початкова і задана кінцева температури продукту
5. Вид охолоджуючого середовища його температура і вологість

Тривалість зберігання продуктів на підприємствах обмежена 2-3 добами, тривалість зберігання окремих продуктів збільшена до 6 діб. Продукти зберігаються окремо групами : м'ясо; риба; м'ясні рибні овочеві напівфабрикати; молочні продукти; жири та гостронамія; кондитерські вироби; замороженні продукти.

Не допускається спільне зберігання молочних виробів з іншим продуктом.

Температури зберігання: 2°C - молочні продукти, 2°C - яйця птиці.

Відносна вологість повітря у холодильних камерах повинна бути 80....95%.

При зберіганні продукції передбачається приточно-витяжна вентиляція з кратністю повітрообміну 4 об'єми на добу.

Контроль параметрів зберігання здійснюють прилади вимірювання температури , вологості , швидкості переміщення охолоджуючого середовища.

					MX 188.003.002 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунково-конструкторська частина

3.1 Розрахункові дані

М'ясопродукти та м'ясо заморожують до температури -18°C , від 8°C ;
ентальпія продукту при даних температура складає:

$$i_1 = 277000 \text{ Дж/кг}; i_2 = 5600 \text{ Дж/кг}.$$

Теплопровідність алюмінію $\lambda_{\text{ал}} = 160 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{K}$;

Товщина ребра $\sigma_p' = 4 \text{ мм}$;

Висота ребра $h_p = 25 \text{ мм}$;

Питома теплоємність алюмінія $C_{\text{ал}} = 838 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{K}$;

При відношенні розмірів блоку:

$$\beta_1 = l / \sigma = 800/60 = 13,33$$

$$\beta_2 = b / \sigma = 250/60 = 4,16$$

додаткові коефіцієнти P і R складають:

$$P = 0,3846$$

$$R = 0,1037$$

В якості робочої речовини приймаю хладон R 404 А.

Продуктивність холодильного апарату:

$$G_{\text{ан}} = \frac{250}{3600} = 0,08 \text{ кг\сек}$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунок огорожень апарату

Товщину ізоляційного шару $\delta_{гр}$ мм, огороження визначаємо за формулою:

$$\delta_{гр} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\lambda_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] \quad (3.1)$$

де: $\lambda_{із}$ λ_i - коефіцієнти теплопровідності ізоляційного шару і будівельних матеріалів що складають конструкцію огороження, Вт/(м К)

K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі огороження, прийнятий у залежності від характеру огороження і температур по обох боку від нього, Вт/(м² К)

$\alpha_з$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої або більш теплового боку огороження, Вт/(м² К)

$\alpha_в$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої або більш холодного боку огороження, Вт/(м² К)

Після вибору дійсної товщини ізоляції визначаємо дійсний коефіцієнт теплопередачі K_d , Вт/(м² К), за формулою:

$$K_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} \quad (3.2)$$

Морозильний апарат знаходиться в приміщенні з температурою 20-25°C, коефіцієнт теплопередачі для огорожень апарату складає $k=0,5$ Вт/м².К при внутрішній температурі в холодному контурі апарату -25°C.

$$\delta_{гр} = 0,05 \left[\frac{1}{0,5} - \left(\frac{1}{11} + 0,0005 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,089 \text{ м}$$

$$K_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 0,0005 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,100}{0,08}} = 0,45 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок терміну заморожування

Об'єм блоку, що заморожується V_1 , м³ визначаємо за формулою

$$V_1 = l \cdot b \cdot \sigma \quad (3.3)$$

де l , b , σ - довжина, ширина й товщина блоку, м

$$V_1 = 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,06 = 0,012 \text{ м}^3$$

Масу заморожуючого блоку g_1 , кг визначаємо за формулою

$$g_1 = V_1 \cdot \rho_{\Pi} \quad (3.4)$$

де ρ_{Π} – щільність продукту, кг·м³

$$g_1 = 0,012 \cdot 1050 = 12,6 \text{ кг}$$

Уявляємо, що в одній блок – формі перебувають два однакові блоки.

Тривалість заморожування блоку τ , сек визначаємо за формулою Планка

$$\tau = \frac{q_3 \cdot p_n}{t_{кр} - t_c} \cdot \frac{\delta^2}{2} \left[R \frac{\delta'}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha} \right] \quad (3.5)$$

де $t_{кр}$ - температура початку замерзання соків продукту (кріоскопічна температура), °С, $t_{кр} = - 2$ °С;

t_c – температура теплоотводящего середовища, °С;

P і R – додаткові коефіцієнти, що залежать від форм і співвідношення розмірів продукту, що заморожується;

q_3 – питома кількість теплоти, що приділяється від 1 кг продукту при його заморожуванні від початкової до кінцевої температури, Дж/кг;

σ – товщина блоку, м;

λ – теплопровідність замороженого блоку, Вт/мК;

α – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні блок-форми до повітря, Вт/(м²К)

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чисельне значення питомої кількості теплоти q_3 , Дж/кг визначаємо за формулою

$$q_3 = i_1 - i_2 \quad (3.6)$$

де i_1, i_2 - початкова й кінцева ентальпії продукту, кДж/кг

$$q_3 = 277,0 - 5,6 = 271,4 \text{ кДж/кг}$$

При заданій швидкості руху повітря в поверхні блок-форм $\omega = 6$ м/с при турбулентному режимі руху число Нуссельта Nu визначаємо за формулою

$$Nu = 0.032 \cdot Re^{0.8} \quad (3.7)$$

Число Рейнольдса Re визначаємо за формулою

$$Re_{ж} = \frac{\omega \cdot \delta}{\nu_n} \quad (3.8)$$

де ν_n - кінематична в'язкість повітря при $t_n = 25$ °С;

σ - визначальний розмір, м

$$Re_{ж} = \frac{6 \cdot 1,62}{10,42 \cdot 10^{-6}} = 9,33 \cdot 10^5$$

$$Nu = 0.032 \cdot (9,33 \cdot 10^5)^{0.8} = 1910$$

В якості визначального розміру при поперечному обдуванні блок – форм повітрям приймаємо довжину, яка для здвоєного варіанта рівна

$$\sigma = 2l + 0,02 \quad (3.9)$$

$$\sigma = 2 \cdot 0,8 + 0,02 = 1,62$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для гладкої блок-форми коефіцієнт тепловіддачі від її поверхні α , Вт/(м²К) визначаємо за формулою

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_g}{\delta} \quad (3.10)$$

де $\lambda_{\text{п}}$ – теплопровідність повітря при температурі $t_{\text{п}} = 25$ °С, Вт/(м*К)

$$\alpha = \frac{1910 \cdot 0,021}{1,62} = 24,75 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Тривалість процесу заморожування в гладкій блок-формі

$$\tau = \frac{271400 \cdot 1000}{-2 + 37} \cdot \frac{0,06}{2} \left[0,1037 \frac{0,06}{1,13} + 0,3846 \frac{1}{24,75} \right] = 7503 \text{ с} = 2,08 \text{ г}$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі для оребреної блок – форми $\alpha_{\text{пр}}$, Вт/(м²К) визначаємо за формулою

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha \left(\frac{F_p}{F_o} E + \frac{F_{\text{мп}}}{F_o} \right) \quad (3.11)$$

де F_p , F_o , $F_{\text{мп}}$ – площа поверхні відповідно ребер блок-форми, гладкою блок-форми із кришкою міжреберного простору, м²;

E – коефіцієнт ефективності ребра.

Площа поверхні гладкої блок –форми із кришкою F_p , м² визначаємо за формулою

$$F_p = f \cdot 2 \cdot n \quad (3.12)$$

де f – площа поверхні одного ребра, м²;

n – число ребер на оребреної блок-форми і кришці.

Площа поверхні гладкої блок –форми із кришкою F_o , м² визначаємо за формулою

$$F_o = 2 \cdot \sigma \cdot b \quad (3.13)$$

$$F_o = 2 \cdot 1,62 \cdot 0,25 = 0,81 \text{ м}^2$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт ефективності ребра E визначаємо за формулою

$$E_p = \frac{th(mh_p)}{mh_p} \quad (3.14)$$

де $th(mh)$ – функція гіперболічного тангенса, величину якого знаходимо з відношення виду

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda_p \cdot \delta_p}} \quad (3.15)$$

де λ_p – теплопровідність матеріалу ребра, Вт/мК;

при виготовленні блок-форми з алюмінієвих сплавів $\lambda_p = 160$ Вт/мК;

δ_p – товщина ребра, м.

Приймаємо ребра прямі постійного перетину (товщини).

Висота ребра $h_p = 25$ мм, а товщина $\delta_p = 4$ мм

Крок оребрення $b_p = 25$ мм, а число ребер з кожної сторони оребрений блок – форми складає

$$n = \frac{b}{b_p} - 1 = \frac{0,25}{0,025} - 1 = 9 \text{ шт}$$

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 24,75}{160 \cdot 0,004}} = 8,8 \text{ м}^{-1}$$

$$mh = 8,8 \cdot 0,025 = 0,22; \quad t(mh) = 0,2164$$

$$E = \frac{0,2164}{0,22} = 0,98$$

Площу поверхні одного ребра f , м² визначаємо за формулою

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f = 2 \cdot \sigma \cdot h + \sigma_{p/} \cdot \sigma = 2 \cdot 0,025 \cdot 1,62 + 0,004 \cdot 1,62 = 0,0875 \text{ м}^2$$

Тоді $F_p = 0,0875 \cdot 2 \cdot 9 = 1,575 \text{ м}^2$

Площу поверхні міжреберного простору F_{mp} , м^2 визначаємо за формулою

$$F_{mp} = F_0 - F_p \quad (3.16)$$

$$F_{mp} = 0,81 - (1,62 \cdot 0,004 \cdot 2 \cdot 9) = 0,694 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі для оребреної блок-форми

$$\alpha_{np} = 24,75 \left(\frac{1,575}{0,81} \cdot 0,98 + \frac{0,694}{0,81} \right) = 66,7 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Визначаємо тривалість заморожування блоку при використанні оребреної блок-форми τ' , сек визначаємо за формулою

$$\tau' = \frac{q_3 \cdot P}{t_{kp} - t_c} \cdot \frac{\delta'}{2} \left[R \frac{\delta'}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha_{np}} \right] \quad (3.17)$$

$$\tau = \frac{271400 \cdot 1000}{-2 + 37} \cdot \frac{0,06}{2} \left[0,1037 \frac{0,06}{1,13} + 0,3846 \frac{1}{66,7} \right] = 4030 \text{ с} = 1,12 \text{ з}$$

Ефективність застосування оребреної блок-форми складає 37,8 %.

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Розрахунок габаритних розмірів апарату

Місткість апарату G , кг визначаємо за формулою

$$G = G' \cdot \tau' \quad (3.18)$$

де G' - продуктивність апарату, кг/с

$$G = (250/3600) \cdot 4030 = 201,5 \text{ кг}$$

Кількість блок форм $Z_{\text{бл}}$, шт визначаємо за формулою

$$Z_{\text{бл}} = \frac{G}{2 \cdot q^1} \quad (3.19)$$

$$Z_{\text{бл}} = \frac{201,5}{2 \cdot 12,6} = 7,99 \approx 8 \text{ шт}$$

Для визначення довжини ланцюга вантажного вважаємо, що вантажний конвеєр у морозильному апараті розташований цілком у вантажному відсіку й несе на собі закриті блок-форми у вертикальному положенні, а повітроохолоджувач розміщений між верхніми й нижніми ланцюгами конвеєра. Блок форми не зв'язані жорстко з ланцюгом конвеєра, а встановлюється в спеціальні захвати із кроком зачеплення $S_k = 420$ мм. Тоді довжина ланцюга вантажного конвеєра в апараті складе:

$$L_{\text{ц}} = Z_{\text{бл}} \cdot S_k \quad (3.20)$$

$$L_{\text{ц}} = 8 \cdot 0,42 = 3,46 \text{ м}$$

Конвеєр має одну вітку з довжиною $l_b = 4,5$ м, тоді висота грузового відсіку $h_b = 1,2$ м.

Швидкість руху вантажного конвеєра апарата ω_k , м/хв визначаємо за формулою

$$\omega_k = \frac{L_{\text{ц}}}{\tau'} \quad (3.21)$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_k = \frac{4,5}{4030} = 0,0011 \text{ м/с} = 0,067 \text{ м/хв}$$

Довжину вантажного відсіку апарату L_a , м визначаємо за формулою

$$L_a = l_b + 2D_6 + 2 b_\phi + 2\sigma_3 + 2\sigma_{и} \quad (3.22)$$

де l_b - довжина вітки конвеєра, м;

D_6 – діаметр приводної зірочки, м ($D_6 = 0,4$ м);

b_ϕ - ширина блок –форми з урахуванням висоти ребра, м

$$b_\phi = h_p + 2 \sigma_1 = 0,21 + 2 \cdot 0,05 = 0,026 \text{ м};$$

σ_3 - бічні зазори, м (0,1 м);

$\sigma_{и}$ – товщина стінки апарата з ізоляцією, м ($\sigma_{и} = 0,15$ м)

$$L_a = 4,5 + 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,26 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 = 6,32 \text{ м}$$

Висоту вантажного відсіку апарата H_A , м визначаємо за формулою

$$H_A = H_{BO} + 2 b_\phi + 2\sigma_3 + 2\sigma_{и} \quad (3.23)$$

де H_{BO} – висота повітроохолоджувача, м (ухвалюємо орієнтовно 2,2 м)

$$H_A = 2,2 + 2 \cdot 0,26 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 = 3,2 \text{ м}$$

Ширину вантажного відсіку апарата V_A , м визначаємо за формулою

$$V_A = l_\phi + 2 \sigma_{32} + 2\sigma_1 + 2b_{дв} \quad (3.24)$$

де l_ϕ – довжина блок форми з обліком оребрєння, м 4

σ_{32} - зазор між блок формами, м $b_{32} = 0,3$ м;

$b_{дв}$ – ширина дверей в тунелі, м $b_{дв} = 0,6$ м

$$V_A = 1,72 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,6 = 3,8 \text{ м}$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Розрахунок теплонавантаження

Теплове навантаження на повітроохолоджувач Q_0 , Вт визначаємо за формулою

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_4 \quad (3.25)$$

де Q_0 – теплоприплив через огороження апарата, Вт;

Q_2, Q_4 – теплоприплив від термічної обробки продукту й блок-форм, експлуатаційний теплоприток відповідно, Вт.

Для визначення теплоприплива крізь огороження апарата Q_1 , Вт розраховуємо за формулою:

$$Q_1 = k_f F \Delta t \quad (3.26)$$

де k_f - коефіцієнт теплопередачі огороження $k_f = 0,45$ Вт/м² К – для апарату розташованого в приміщенні з температурою 22-25 °С;

F - площа поверхні огороження , м²;

Δt – перепад температур складає 45 °С.

Площа поверхні огороження апарату F , м² визначаємо за формулою

$$F = 2L_a B_A + 2L_a H_A + 2B_a H_A \quad (3.27)$$

$$F = 2 \cdot 6 \cdot 3,8 + 2 \cdot 6 \cdot 3,2 + 2 \cdot 3,8 \cdot 3,2 = 112,5 \text{ м}^2$$

$$Q_1 = 0,45 \cdot 112,5 \cdot 45 = 1392 \text{ Вт}$$

Теплопотік від продукту при його заморожуванні Q_2 , Вт розраховуємо за формулою:

$$Q_2 = G \cdot q_3 \quad (3.28)$$

де G – продуктивність апарату, кг/с;

q_3 – питома кількість теплоти, що виділяється від 1 кг продукту при заморожуванні від t_1 до t_2 , Дж/кг

$$Q_2 = (250/3600) \cdot 271400 = 18020 \text{ Вт}$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При визначенні теплопритока від блок-форм, вважаємо, що блок-форми надходять в апарат після відтавання заморожених блоків температурою $t_{\phi 1} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а в апараті охолоджуються до температури $t_{\phi 2} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Для даної конструкції конвеєра маса металу блок форм на 1 м ланцюга конвеєра становить 140 кг/м, тоді теплоприток від термообробки блок-форм можна визначити по формулі

$$Q_2^{\phi} = g_{\phi} \cdot C_{\phi} \cdot \omega_{\phi}(t_{\phi 1} - t_{\phi 2}) \quad (3.29)$$

де g_{ϕ} – маса матеріалу блок-форм, що доводяться на 1 м ланцюгу конвеєра ,

$g_{\phi} = 140 \text{ кг/м}$;

C_{ϕ} – питома теплоємність алюмінієвого сплаву , $C_{\phi} = 838 \text{ Дж/кгК}$.

$$Q_2^{\phi} = 140 \cdot 838 \cdot 0,0011 (8+18) = 2323 \text{ Вт}$$

Тепловий еквівалент від роботи вентиляторів і обслуговування апарату приймаємо 15% від Q_2 і 10% від Q_1 відповідно.

$$Q_4 = 0,1 \cdot 1392 + 0,1 \cdot 18020 = 1992 \text{ Вт}$$

Теплове навантаження на повітроохолоджувач

$$Q_0 = 1392 + 18020 + 1992 = 21500 \text{ Вт}$$

Теплове навантаження на компресор

$$Q_{\text{км}} = \frac{k \cdot Q_0}{b} \quad (3.30)$$

$$Q_{\text{км}} = \frac{1,02 \cdot 21,5}{0,85} = 23,1 \text{ кВт}$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Розрахунок температурних режимів роботи холодильної установки

Холодильний агент R507 а, температура кипіння t_o , °C якого складає:

$$t_o = t_{\text{п}} - (10 \div 16) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.31)$$

$$t_o = -25 - 12 = -37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура конденсації холодильного агента t_k , °C

- в повітряному конденсаторі розраховуємо за формулою:

$$t_k = t_{\text{зв}} + (10 \div 12) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.32)$$

$$t_k = 30 + 10 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- в водяному конденсаторі розраховуємо за формулою:

$$t_k = t_{\text{м.т.}} + (7 \div 12) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.33)$$

$$t_k = 24,5 + 9,5 = 34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура парів холодильного агента перед компресором при використанні регенеративного теплообміну, складає

$$t_{\text{вс}} = t_o + (15 \div 30) \quad (3.34)$$

з РТО

$$t_{\text{вс}} = -37 + 22 = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

без РТО

$$t_{\text{вс}} = -37 + 7 = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура переохолодження рідкого холодильного агента перед дроселем визначається із теплового балансу теплообмінника по діаграмі хладону

$$(i_{\text{рех}} - i_{\text{рвих}}) = (i_{\text{нех}} - i_{\text{нвих}}) \quad (3.35)$$

					МХ188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8 Тепловий розрахунок і добір компресору

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента q_o , кДж/кг розраховуємо за формулою:

$$q_o = i_1 - i_4 \quad (3.36)$$

Масова витрата пару M_d , кг/с розраховуємо за формулою:

$$M_d = Q_o / q_o \quad (3.35)$$

де Q_o - навантаження на компресор з обліком витрат, кВт

Дійсна об'ємна подача V_d , м³/с розраховуємо за формулою:

$$V_d = M_d V_1 \quad (3.37)$$

де V_1 - питомий обсяг усмоктуваного пару, м³/кг

Коефіцієнт подачі компресору λ розраховуємо за формулою:

$$\lambda = \lambda_i \lambda_{\omega 1} \quad (3.38)$$

$$\lambda_i = \frac{p_o - \Delta p_{ec}}{p_o} - c \left(\frac{p_k + \Delta p_n}{p_o} - \frac{p_o - \Delta p_{ec}}{p_o} \right) \quad (3.39)$$

$$\lambda_{\omega'} = T_o / T_k \quad (3.40)$$

Теоретична об'ємна подача V_T , м³/с розраховуємо за формулою:

$$V_T = V_d / \lambda \quad (3.41)$$

Адіабатна потужність (для хладонового КМ) N_a , кВт розраховуємо за формулою:

$$N_a = M_d (i_2 - i_1) \quad (3.42)$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індикаторна потужність N_i , кВт розраховуємо за формулою:

$$N_i = N_a / \eta_i \quad (3.42)$$

Потужність тертя $N_{тр}$, кВт розраховуємо за формулою:

$$N_{тр} = V_t * P_{тр} \quad (3.43)$$

Ефективна потужність N_e , кВт розраховуємо за формулою:

$$N_e = N_i / \eta_m \quad (3.44)$$

Потужність на валу двигуна $N_{дв}$, кВт розраховуємо за формулою:

$$N_{дв} = N_e / \eta_{п} \quad (3.45)$$

Ефективна питома холодопродуктивність, чи холодильний коефіцієнт E_0 розраховуємо за формулою:

$$E_0 = Q_0 / N_e \quad (3.46)$$

Тепловий потік у конденсаторів в теоретичному циклі $Q_{кд}$, кВт розраховуємо за формулою:

$$Q_{кд} = Q_0 + N_i \quad (3.47)$$

Таблиця 3.24 Розрахунок КМ

t_0 , С	Q_0 , кВт	q_0 , кД /кг	m_d , кг/с	V_d , м ³ /с	λ_i ,	λ_w ,	λ ,	V_T , м ³ /с	Тип ком-ру	V_k , м ³ К	Кіль кіст, шт	ΣV_k , м ³ /с
-37	23,1	125	0,176	0,021	0,72	0,77	0,63	0,0336	6FE-44Y	0,042	1	0,042

Продовження таблиці 3.24

q_v Дж/м ³	N_a , кВт	η_i ,	N_i , кВт	$P_{тр}$, кПа	$N_{тр}$, кВт	N_e , кВт	$N_{дв}$, кВт	ϵ_0 ,	$Q_{кд}^T$, кВт	$Q_{кд}$, кВт
934	6,48	0,71	9,1	39	1,28	10,38	11,5	2,1	25,5	31,2

					MX188.003.003 ДП ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 3.21 - Технічні характеристики компресорів

Показники	LH135/ 6FE-44Y
Холодопродуктивність, кВт	27,7 kW
Споживана потужність, кВт	19,3
Об'ємна потужність, м ³ /с	0,042
Вага, кг	250
Максимально надлишковий тиск, бар(НТ/ВТ)	19/28
Приєднання лінії всмоктування	54 мм – 2 1/8 ^{//}
Приєднання лінії нагнітання	42 мм – 1 5/8 ^{//}
Тип масла для R 404 а	B5.2

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.9 Тепловий розрахунок і добір конденсатору

Площу теплопередаючої поверхні конденсатора F , m^2 , розраховуємо за формулою:

$$F = \frac{Q_{кд}}{k * \theta_m} \quad (3.48)$$

де $Q_{кд}$ - дійсний тепловий потік у конденсатор, кВт;

k - загальний коефіцієнт теплопередачі, Вт/ m^2K ;

θ_m - середній температурний напір, $^{\circ}C$.

Середня логарифмічна різниця температур, $\theta_T = 9 \div 11 \text{ } ^{\circ}C$

$$F = \frac{31,2}{0,03 \cdot 10} = 104 m^2$$

Об'ємну витрату повітря крізь конденсатор V_n , m^3/c , розраховуємо за формулою:

$$V_n = \frac{Q_{кд}}{c_n \cdot \rho_n \cdot \Delta t_n} \quad (3.50)$$

де c_n - питома теплоємність повітря, кДж/кгК;

Δt_n - підігрів повітря у конденсаторі, $^{\circ}C$

$$V_n = \frac{31,2}{1,005 \cdot 1,29 \cdot 6} = 4,01 \frac{m^3}{c} = 14400 m^3 / c$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.22 - Технічна характеристика повітряного конденсатора

Марка конденсатора	LH 135
Об'ємна витрата повітря, m^3/g	15000
Довжина, мм	2085
Висота, мм	1308
Внутрішній об'єм, dm^3	4,9
Вага, кг	279

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. 10 Конструктивний розрахунок і добір охолоджуючого обладнання

Конструктивно повітроохолоджувач виконується із 3 секцій, довжина одної складає

$$l_c = \frac{l_e - D_s}{3} \quad (3.51)$$

$$l_c = \frac{5,0 - 0,4}{3} = 1,52 \text{ м}$$

Живий перетин секцій:

$$F_{ж} = 2 l_c (b_{\phi} + 2 \sigma_3) - 2(n-1) (b_{\phi} \sigma_{\phi} + h \sigma_p / (n+1)) \quad (3.52)$$

$$F_{ж} = 2 \cdot 1,52 (0,26 + 2 \cdot 0,1) - 2(9-1) (0,26 \cdot 0,07 + 0,025 \cdot 0,04 / (9+1)) = 1,22 \text{ м}^2$$

Кількість циркулюючого повітря:

$$V = 3 \cdot V_c = 3 \cdot F_{ж} \cdot \omega \quad (3.53)$$

$$V = 3 \cdot 1,22 \cdot 4 = 14,6 \text{ м}^3/\text{с} = 52560 \text{ м}^3/\text{год}$$

Зміни температури повітря в апараті при заморожуванні риби:

$$\Delta t_0 = \frac{Q_o}{v \rho_g C_B} \quad (3.54)$$

$$\Delta t_0 = \frac{23,1}{14,6 \cdot 1,48 \cdot 1,03} = 1,98^\circ \text{C} = 2^\circ \text{C}$$

Тоді температура на вході і виході з повітроохолоджувача складає:

$$\text{На вході} \quad t_B^I = -25 + 1 = -24^\circ \text{C}$$

$$\text{На виході} \quad t_B^{II} = -25 - 1 = -26^\circ \text{C}$$

Теплопередаючу площу поверхні повітроохолоджувача знаходимо за формулою

$$F_{во} = \frac{Q_o}{k \Delta t} \quad (3.55)$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k - коефіцієнт теплопередачі приладу охолодження Вт/ м²К (12 ÷14) ;
 Δt - різниця температур між киплячим ХА і повітрям у камері.

$$F_{\text{во}} = \frac{23100}{12 \cdot 12} = 153,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо, що повітроохолоджувач виконаний із оребрених труб діаметром 12*1 мм, товщиною $\sigma_p=0,8$ мм і висотою ребра $h_p = 13$ мм, з кроком оребрення 7 мм.

Площа поверхні такої труби на 1 п.м. складає $f=0,54$ м²/м

Тоді довжина труб 2х повітроохолоджувачів складе

$$L_{\text{тр}} = \frac{153,5}{0,54} = 284 \text{ м}$$

З довжиною $L_{\text{тр}} / 2 = \frac{284}{2} = 142 \text{ м}$ на 16 труб по висоті, тоді довжина труб в кожному ряду = 15 м, тоді число вертикальних рядів в секції:

$$n_{\text{тр}} = \frac{142}{15} = 9,47 = 10 \text{ шт}$$

При праці між трубками секції $S_2 = 0,110$ м, висота секцій

$$H_c = n_{\text{тр}}' * S_2 \tag{3.56}$$

$$H_c = 10 * 0,11 = 1,1 \text{ м}$$

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.11 Розрахунок та вибір допоміжного устаткування

Лінійний ресивер

Місткість лінійного ресиверу $V_{л.р.}$, м³ розраховуємо за формулою:

$$V_{л.р.} = 1,45 V_{исп} \quad (3.57)$$

$$V_{л.р.} = 1,45 \cdot 0,021 = 0,029 \text{ м}^3$$

Приймаємо ресивери марки Bitzer F302H

Таблиця 3.25- Технічна характеристика ресиверів

Показники	F302H
Об'єм, л	29,8
Габаритні розміри, мм Довжина	730
Діаметр	325
З'єднання: Вхід Вихід	13/4// 13/4//
Вага, кг	92

					MX188.003.003 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1 Організація ремонту та монтажу холодильного обладнання

Загальні положення

Морозильний апарат конвеєрного типу є складним технічним пристроєм, що складається з теплоізольованої камери, конвеєрного механізму, холодильного агрегату, вентиляторів, автоматики, датчиків та електрообладнання. Для забезпечення безперебійної, ефективної та безпечної роботи обладнання необхідна правильна організація монтажу, своєчасне технічне обслуговування, а також плановий та капітальний ремонт.

Монтаж обладнання

Монтаж морозильного апарату виконується у кілька етапів:

Підготовчі роботи:

- перевірка відповідності місця встановлення технічним умовам (температурний режим, вентиляція, наявність електроживлення);
- підготовка фундаменту або монтажної основи;
- прокладка інженерних комунікацій (електро-, водо- та дренажні системи, траси холодоагенту).

Механічна установка:

- транспортування складових частин до монтажного майданчика;
- встановлення корпусу морозильної камери;
- монтаж конвеєрного механізму, редукторів, опор, напрямних та натяжних пристроїв;
- встановлення теплообмінного обладнання (випарники, вентилятори, дренажна система);
- ізоляція стиків та герметизація елементів корпусу.

Підключення холодильного обладнання:

- монтаж компресорно-конденсаторного агрегату;
- з'єднання трубопроводів подачі та зворотного потоку холодоагенту;

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

• вакуумування та заповнення системи холодоагентом згідно з технічними вимогами;

- перевірка на герметичність.

Пусконаладжувальні роботи:

- підключення системи автоматики, датчиків та контролерів;
- калібрування температурних зон;
- пробний запуск з контролем параметрів (тиск, температура, рівень шуму, струм тощо);

- оформлення паспорта обладнання, інструкцій, графіку обслуговування.

Організація технічного обслуговування та ремонту

Види обслуговування:

1. Щоденне обслуговування (операторське):

- контроль показників температури та тиску;
- візуальна перевірка конвеєра, стану ізоляції, шумів і вібрацій;
- перевірка системи розморожування випарників.

2. Періодичне технічне обслуговування (раз на місяць/квартал):

- очищення випарника та повітряних фільтрів;
- перевірка натягу стрічки конвеєра;
- змащення рухомих частин;
- перевірка електричних з'єднань і автоматики.

3. Поточний ремонт (за потреби):

- заміна ущільнень, шківів, конвеєрної стрічки;
- усунення витоків холодоагенту;
- заміна датчиків, реле, електроніки;
- ремонт вентиляторів, двигунів, приводу.

4. Капітальний ремонт (раз на 3–5 років):

- повне розбирання вузлів;
- заміна зношених частин компресора та редукторів;
- оновлення або модернізація автоматики;
- модернізація холодоагентної системи при зміні вимог.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Організація ремонтної служби

- Для обслуговування та ремонту морозильного апарату рекомендується:
- створення на підприємстві **ремонтно-обслуговуючої бригади**;
- ведення **журналу технічного обслуговування** з фіксацією всіх дій;
- наявність **резервних вузлів та запасних частин** на складі;
- співпраця з авторизованими сервісними організаціями у разі складного ремонту.

Безпека при проведенні ремонту

- знеструмлення обладнання перед початком робіт;
- дотримання норм охорони праці та використання ЗІЗ;
- уникнення роботи з холодоагентами без спеціального допуску;
- контроль за витоками та вентиляцією приміщень при роботі з фреонами.

Висновок

Належна організація монтажу та системного технічного обслуговування морозильного апарату конвеєрного типу є запорукою його ефективної та безаварійної роботи. Завдяки впровадженню системного підходу до ремонтної стратегії, підприємство отримує стабільну якість заморожування продукції, знижує витрати на аварійні зупинки та продовжує ресурс роботи обладнання.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Експлуатація холодильної установки

Загальні положення

- Морозильний апарат конвеєрного типу — це холодильна установка безперервної дії, призначена для інтенсивного заморожування м'ясопродуктів. Його ефективна та безпечна експлуатація можлива лише за дотримання чітко встановлених режимів роботи, регулярного технічного обслуговування та постійного контролю параметрів.
- Експлуатацію повинні здійснювати кваліфіковані фахівці, які пройшли інструктаж з охорони праці, володіють знаннями про принципи дії холодильної машини, а також мають досвід роботи з автоматизованими системами керування.

Пуск і зупинка установки

Пуск холодильного апарата

- Перед запуском установки необхідно:
- перевірити наявність та справність електроживлення;
- візуально оглянути апарат на відсутність пошкоджень або сторонніх предметів;
- перевірити рівень холодоагенту та тиск у системі;
- переконатися у справності вентиляції та конденсатовідведення;
- увімкнути систему автоматичного керування;
- почергово запустити компресор, вентилятори, приводи конвеєра.
- Після запуску необхідно переконатися, що:
- температура в камері досягає заданого значення ($-35\dots-40\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- конвеєр рухається без ривків і зупинок;
- компресор працює у штатному режимі (контроль за струмом, тиском, температурою);
- відсутні сторонні шуми, вібрації або витіки холодоагенту.

Зупинка установки

- Планова зупинка включає:

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- припинення подачі продукту;
- продовження роботи до вивантаження всього продукту з апарата;
- вимкнення компресора та вентиляторів;
- знеструмлення установки;
- за потреби — включення режиму автоматичного розморожування.

Режими роботи

- Номінальні умови експлуатації передбачають:
- **Продуктивність:** до 250 кг/год;
- **Температура повітря в камері:** $-35\text{ }^{\circ}\text{C}\dots-40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- **Температура продукту на виході:** не вище $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- **Час заморожування:** 30–90 хв залежно від виду продукції;
- **Швидкість конвеєра:** регульована, згідно з заданим режимом.
- У разі зміни виду продукції або температури навколишнього середовища параметри можуть коригуватись відповідно до технічного паспорта установки.

Обслуговування в процесі експлуатації

- Для забезпечення надійної роботи необхідно:

Щоденне обслуговування:

- перевірка тиску та температури в холодильному контурі;
- контроль температурного режиму в камері;
- перевірка стану конвеєра;
- контроль рівня шуму та відсутності вібрацій.

Щотижневе:

- очищення дренажної системи та піддонів;
- огляд електричних з'єднань і автоматики.

Щомісячне:

- перевірка натягу стрічки, мастило підшипників та рухомих частин;
- перевірка герметичності трубопроводів;
- огляд випарника та фільтрів.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до безпеки під час експлуатації

- Забороняється експлуатація при відкритих дверцятах теплоізовованої камери.
- Забороняється проводити ремонт або очищення під час роботи апарата.
- Усі роботи з холодоагентами мають виконуватись лише з дозволу та в присутності атестованого спеціаліста.
- Під час експлуатації повинні використовуватись індивідуальні засоби захисту (ІЗЗ) при контакті з холодоагентами.
- У разі аварійного підвищення тиску спрацьовує аварійний клапан або сигналізація.

Ведення експлуатаційної документації

- До основної документації належать:
- **Журнал експлуатації:** запис параметрів (тиск, температура, зауваження);
- **План-графік ТО:** згідно з інструкцією виробника;
- **Паспорт установки:** дані про комплектацію, дату монтажу, номер компресора;
- **Акт введення в експлуатацію:** підписується після завершення пусконаладжувальних робіт.

Висновок

- Правильна експлуатація морозильного апарату конвеєрного типу є ключовим фактором забезпечення стабільної роботи виробничої лінії, збереження якості продукції, мінімізації витрат енергії та запобігання аварійним ситуаціям. Регулярне технічне обслуговування, дотримання інструкцій та контроль параметрів забезпечують довговічну й ефективну роботу установки.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.

Для ефективної роботи ХУ необхідно підтримувати в заданих межах чи змінювати значення чи в одночас декількох параметрів.

Фізична величина, значення якої не повинно виходити за значення межі називається регулюючою величиною.

Під автоматизацією розуміють комплекс технічних закладів, частково чи повністю виключаючи участь обслуговуючого персоналу в експлуатації.

Розрізняють частково та повністю автоматизовані ХУ. При частковій автоматизації, прилади автоматично управляють деякими операціями та проводять захист режимів роботи .

При частковій автоматизації ХУ потрібен безперервний догляд за устаткуванням продовж її роботи, однак при цьому можливість скорочення чисельності обслуговуючого персоналу завдяки зменшенню працемісткості обслуговування .

Проектом передбачена часткова автоматизація ХУ

Основні параметри потребуючі захисту.

Небезпечний режим роботи ХУ частіше всього виникає при виконанні нормальних умов праці: зупинення подачі охолоджувальної води на КД, високі температури навколишнього середовища, втрата напруги при різкому збільшенню теплопритоків в об'єкт та інше. Крім того небезпечний режим роботи може бути визваний виходом з ладу окремих вузлів та деталей компресора ХМ.

Прилади безпеки при появі небезпечних режимів зупиняють КМ , насоси та вмикають аварійну сигналізацію. Використовується, також профілактична зупинка, що зупиняє КМ при порушенні роботи, які у випадку продовження роботи можуть привести до небезпечного режиму роботи ХУ.

Параметри які підлягають регулюванню .

Регулювання температури повітря в камерах виконується за допомогою температурного реле ТР-1Б-02 і працюючого разом з ним соленоїдного вентиля СВМ-10. Соленоїдний вентиль є виконавцем механізмів позиціонного рижиму дії

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначеним зупинити подачу холодильного агенту в випарну систему якщо температура в камері підвищується.

Для управління роботою соленоїдного вентиля датчик реле температури увімкнений в коло управління споживання котушки г вентиля. При досягненні потрібної температури в камері спрацьовує реле температури і розмикаються контакти, в коло обмотки соленоїдного вентиля подача напруги на котушку СВ перестає магнітне поле зникає, шток опускається та закриває соленоїдний вентиль.

Схемою автоматизації передбачено захист КМ від наступних небезпечних режимів роботи:

- зниження різниці тиску масла між тиском у картері компресору та на нагнітаючій стороні масляного насосу (менш 0.05 МПа)- реле різниці тиску РКС-1-ОМ5-01А рзмикає контакти магнітного пускача ел. Двигуна. КМ . При запуску Км реле блокує на 2-3 секунди контакти реле контролю змащення , для необхідного набору оборотів масляного насосу .

- при підвищенні температури нагнітання більш ніж 100 °С – реле температури РТ-ОМ-09 відключає КМ .

- при підвищенні тиску нагнітання на ступені низького тиску більш ніж 14.5 МПа і пониженні тиску всмоктування менш ніж на 0.5 МПа двоблочне реле тиску Д22ОА-13 зупинить КМ.

При зупиненні КМ приборами автоматичного захисту виконується сигналізація , запалення ліхтарика на пульті управління і вмикається звукова сигналізація . Увімкнення КМ в роботу можливо тільки після з'ясування та виключення причин зупинки компресора.

Хладонова установка повинна бути обезпечена реле тиску, яке яке відключає компресор при підвищенні тиску до величини, визначеної умовами роботи данної установки в слідуючому порядку: для R404a - $7 \div 16$ кг/см².

Дане реле підключається до запорного нагнітаючого вентеля по напрямку хладону.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На кожному компресорі повинно бути встановлено реле контролю мастила, відключаючого компресор в випадку зниження тиску в системі мастила до нижнього допустимого значення.

Компресори з охолоджуючою водяною сорочкою забезпечень прибором (реле витрати, чи реле тиску) зупиняючим компресор в випадку припинення доступу води в охолоджуючу сорочку.

Випарювачі забезпечуються автоматичними приборами, регулюючими заповнення випарювальної системи (ТРВ) й забезпечуючих перекриття подачі рідкого хладону при зупинці компресору (соленоїдний вентиль). Регулююче включення і виключеннякомпресору реле температури, в залежності від значення її в охолоджуємому об`єкті.

Тиск в конденсаторі регулює водорегулюючий вентиль, установлений на трубопроводі подачі охолодженої води з градирні, або реле тиску в випадку повітряного конденсатора.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища від морозильного апарату — це комплекс заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу морозильного обладнання на довкілля протягом усього його життєвого циклу: від виробництва до утилізації.

• Ось ключові аспекти, які варто враховувати:

1. Холодоагенти та вплив на озоновий шар і клімат

• **Проблема:** Багато традиційних холодоагентів (наприклад, CFC, HCFC) мають високий озоноруйнівний потенціал (ODP) і потенціал глобального потепління (GWP).

• **Рішення:**

- Використання екологічно безпечних холодоагентів, таких як R-600a (ізобутан), R-290 (пропан) або CO₂ (R-744).
- Контроль витоків холодоагентів через регулярне технічне обслуговування.

2. Енергоефективність

• **Проблема:** Морозильники споживають електроенергію, і чим більше споживання — тим вищий вуглецевий слід.

• **Рішення:**

- Вибір обладнання з високим класом енергоефективності (A++ або A+++).
- Використання інверторних компресорів, які адаптують свою потужність до потреб.
- Утеплення стінок, ефективні ущільнювачі дверей для зменшення втрат холоду.

3. Утилізація та переробка

• **Проблема:** Старі морозильники містять шкідливі речовини й матеріали, що складно переробляються.

• **Рішення:**

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виведення з експлуатації тільки через **сертифіковані пункти утилізації**.
- Розділення на частини для повторного використання: метал, пластик, електроніка.

4. Матеріали конструкції

• **Проблема:** Деякі матеріали важко розкладаються або містять токсичні речовини.

• **Рішення:**

- Використання **екологічно чистих матеріалів**, які можна легко переробити або утилізувати без шкоди довкіллю.
- Уникнення використання Пінополіуретану з хлорвмісними піноутворювачами.

5. Звукове та теплове забруднення

• **Проблема:** Промислові морозильні установки можуть створювати шум і теплове випромінювання.

• **Рішення:**

- Розміщення в **ізольованих приміщеннях**.
- Використання **шумопоглинаючих кожухів** для компресорів.

					MX188.003.004 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні витрати складаються з витрат на обладнання холодильної установки.

Таблиця 5.1 Вартість обладнання

№ з/п	Найменування обладнання	Марка	Кількість	Вартість одиниці обладнання, грн.	Загальна вартість обладнання, грн.
1	Компресор	ZR385-KCE	2	260 715	260715
2	Конденсатор	4-х сторон. пластинчатий	1	44 000	44000
3	Внутр. теплообмінник	PCO98Q	2	27 000	27000
4	Внутр. теплообмінник	SLHE10	1	10000	10000
5	Лінійний ресивер	F302H	1	6000	6000
Розрахункова вартість обладнання		1081500			
Витрати транспортування 15%		162225			
Витрати на монтаж 20%		216300			
Разом вартість обладнання (Воб)		1460025			

Арк.

МХ188.003.005 ДП ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

5.2 Розрахунок кількості виробленого холоду

Визначимо виробіток холоду в робочих умовах:

$$Q_{0роб} = Q_0 * k * t * n \quad (5.1)$$

де Q_0 - холодопродуктивність компресора в робочих умовах, кВт;

k – коефіцієнт, який враховує втрати в трубопроводах;

t - час роботи компресора за рік, секунд;

n - кількість компресорів даного типу, од.

$$Q_{0роб} = 23 * 1,2 * 19\,440\,000 * 1 = 0,54 * 10^9 \text{ кДж}$$

Річний виробіток холоду в стандартних умовах:

$$Q_{0ст} = Q_{0роб} * k_n; \quad (5.2)$$

де k_n - коефіцієнт переведення роботи компресора з робочих умов в стандартні

$$Q_{0ст} = 0,54 * 10^9 * 2,5 = 1,34 * 10^9 \text{ кДж}$$

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

До експлуатаційних (поточних) витрат відносяться витрати на:

- допоміжні матеріали;
- електроенергію;
- заробітну плату виробничих робочих;
- амортизацію холодильного обладнання;
- поточний ремонт обладнання;
- інші.

5.3.1 Розрахунок витрат на допоміжні матеріали

До допоміжних матеріалів відносяться:

- а) холодоагент;
- б) змащувальні матеріали.

Розрахунок вартості річної потреби холодоагенту:

$$B_{ха} = G_{ха} * C_{ха} \quad (5.3)$$

де $G_{ха}$ - річне поповнення системи холодоагентом, т;

$C_{ха}$ - ціна холодильного агента за 1т, грн.

					MX188.003.005 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річна потреба холодильного агенту при ремонті

$$G_{xa} = (g_{x.a.} * \sum Q_0 * k') / 1000 \quad (5.4)$$

де k' - коефіцієнт, який враховує втрати холодильного агенту при ремонтних роботах;

$g_{x.a.}$ - норма витрат холодоагенту, кг/1кВт

$$G_{xa} = (1,2 * 23 * 1 * 1,2) / 1000 = 33,12 \text{ кг}$$

$$B_{xa} = 33,12 * 500 = 16\ 560 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості річної потреби змащувальних матеріалів:

$$B_m = G_m * C_m \quad (5.5)$$

де C_m - вартість 1т змащувальних матеріалів, грн./кг

G_m - річна потреба змащувальних матеріалів, кг

$$G_m = g_m * n * R * k' \quad (5.6)$$

де g_m - норма витрат мастила на 1 компресор, кг;

n - кількість компресорів;

R – кількість разів заміни масла на рік;

k' - коефіцієнт, який враховує втрати мастила при ремонтних роботах

$$G_m = 4,75 * 1 * 2 * 1,2 = 11,4 \text{ кг}$$

$$B_m = 11,4 * 350 = 3\ 990 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на допоміжні матеріали зводимо в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 Допоміжні матеріали

№ з/п	Стаття витрат	Витрати, грн.
1.	Вартість холодоагенту	16 560
2.	Вартість змащувальних матеріалів	3 990
	Разом	20 550
	Витрати на інші допоміжні матеріали (5%)	1 028
	Всього	21 578

					MX188.003.005 ДПІ ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.4 Розрахунок витрат на заробітну плату

Загальний фонд оплати праці визначається як сума основної та додаткової заробітної плати.

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$ЗПосн = ГТС_i * Теф * Кр \quad (5.9)$$

де $Теф$ - ефективний фонд робочого часу одного робітника за рік, годин

$Кр$ - кількість робітників, обслуговуючих холодильне обладнання, осіб

$ГТС_i$ - годинна тарифна ставка по відповідному розряду, грн.;

$$ГТС_i = ГТС_{\min} * ТК_i \quad (5.10)$$

де $ГТС_{\min}$ – мінімальна годинна тарифна ставка, грн.;

$ТК_i$ - тарифний коефіцієнт відповідного розряду

Годинна тарифна ставка працівника VI розряду:

$$ГТС_{VI} = 40,46 * 1,7 = 68,78 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$ЗПосн = 68,78 * 440 * 1 = 30\,263,2 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становлять 50 % від основної заробітної плати.

$$ЗПдод = 30\,263,2 * 0,5 = 15\,131,6 \text{ грн.}$$

Нарахування на фонд заробітної плати (єдиний соціальний внесок) 22% від загального річного фонду оплати праці.

Таблиця 5.4 Заробітна плата виробничих робочих з нарахуваннями

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1.	Фонд основної заробітної плати	30 263,2
2.	Фонд додаткової заробітної плати	15 131,6
3.	Єдиний соціальний внесок	9 986,9
Всього		55 382

Арк.

МХ188.003.005 ДП ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

5.3.5 Амортизація холодильного обладнання

Витрати на амортизацію розраховують виходячи з вартості обладнання, з урахуванням встановлених норм амортизації обладнання:

$$V_a = V_{об} * N_a / 100\%, \text{ грн.} \quad (5.11)$$

$$V_a = 516357 * 20\% / 100\% = 103271 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт обладнання (приймаються в розмірі 10% від суми витрат на амортизацію обладнання).

$$V_{п.р} = 103271 * 0,1 = 10327 \text{ грн.}$$

Інші поточні витрати приймаємо в розмірі 5 % від суми експлуатаційних витрат.

$$V_{ін} = (21578 + 317025 + 55381,7 + 103271 + 10327) * 0,05 = 25379 \text{ грн.}$$

Всі статті витрат зводимо в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 Експлуатаційні (поточні) річні витрати

№ з/п	Статті витрат	Сума, грн.
1	Допоміжні матеріали	21 578
2	Електроенергія	317 025
3	Зарплата виробничих робочих	55 382
4	Амортизація холодильного обладнання	103 271
5	Витрати на поточний ремонт	10 327
6	Інші поточні витрати	25 379
Всього		532 962

5.3.6 Розрахунок собівартості виробітку холоду

Собівартість 1000 кДж холоду розраховують за наступною залежністю:

$$C_{1000} = \frac{V_p}{Q_{ост}} \cdot 1000 \quad (5.12)$$

де C_2 - річні витрати на виробництво холоду, грн.;

$$C_{1000} = (532962 / 1,34 * 10^9) * 1000 = 0,4 \text{ грн.}$$

Результати економічних розрахунків зведені в таблицю 5.6.

					MX188.003.005 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 - Техніко-економічні показники проекту

№ з/п	Показники	Умовні позначки	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	Продуктивність апарату	N	кг/годину	300
2	Холодопродуктивність	Q	кВт	23
3	Кількість компресорів	п	шт	1
4	Кількість обслуговуючого персоналу	Кр	осіб	1
5	Капітальні вкладення	КВ	грн.	516357
6	Експлуатаційні витрати	Вр	грн.	532 962
7	Собівартість 1000кДж холоду	С	грн.	0,40

					МХ188.003.005 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці під час роботи морозильного апарату конвеєрного типу є критично важливою для забезпечення безпеки персоналу, ефективного функціонування обладнання та дотримання санітарно-гігієнічних норм. Нижче наведено основні аспекти, які необхідно враховувати:

◆ 1. Основні небезпеки

- **Низькі температури** (до -40°C) — ризик обморожень.
- **Рухомі частини конвеєра** — загроза затягування одягу, травм кінцівок.
- **Холодоагенти** — можливий витік токсичних або вибухонебезпечних речовин.
- **Електрообладнання** — небезпека ураження електричним струмом.
- **Слизькі поверхні** — ризик падінь через конденсат або намерзання.

◆ 2. Вимоги до персоналу

- **Медичний огляд** — обов'язковий допуск до роботи в умовах низьких температур.
- **Навчання та інструктажі:**
 - Вступний, первинний, повторний, позаплановий інструктаж з охорони праці.
 - Інструктаж з правил безпечної роботи з холодильним обладнанням.
- **Спецодяг і ЗІЗ:**
 - Теплий вологозахищений спецодяг.
 - Протиковзне взуття.
 - Рукавиці, шолом, захисні окуляри (за потреби).

◆ 3. Безпечна експлуатація обладнання

- **Захисні огорожі та екрани** — мають бути на всіх рухомих частинах.
- **Кнопки аварійної зупинки** — легко доступні по всій довжині конвеєра.
- **Заборона на ручне втручання** в робочий процес без зупинки обладнання.
- **Регулярне техобслуговування** — згідно з графіком, фіксація у журналі.
- **Контроль стану холодоагентів** — перевірка герметичності, сигналізація витоків.

					MX188.003.006 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

◆ 4. Мікроклімат і умови праці

- **Тривалість перебування в морозильній камері:**
 - Перерви на обігрів через кожні 30–60 хвилин роботи.
- **Температурний режим у приміщеннях для відпочинку** — не нижче +21°C.
- **Організація чергування** — ротація персоналу для уникнення переохолодження.

◆ 5. Пожежна безпека

- Заборонено використання відкритого вогню поблизу холодильного обладнання.
- Використання **вогнегасників відповідного типу** (порошкові, вуглекислотні).
- Ознайомлення з планом евакуації та розміщенням засобів пожежогасіння.

◆ 6. Надзвичайні ситуації

- **План дій при витокі холодоагенту:**
 - Евакуація персоналу.
 - Вентиляція приміщення.
 - Повідомлення аварійної служби.
- **Дії при ураженні працівника** (наприклад, обмороження, механічна травма):
 - Надання першої допомоги.
 - Виклик медичних служб.
 - Фіксація нещасного випадку відповідно до законодавства.

◆ 7. Нормативні документи, які регулюють охорону праці

- Закон України «Про охорону праці».
- ДНАОП 0.00-1.28-10 — «Правила охорони праці під час експлуатації холодильного обладнання».
- ДСТУ EN 378 — вимоги до безпечної роботи з холодоагентами.
- Санітарні норми і правила щодо роботи в умовах низьких температур.

					MX188.003.006 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Охорона праці на підприємстві, де реалізовано **холодильний цикл** (наприклад, у харчовій, фармацевтичній або хімічній промисловості), є комплексною системою заходів, що має на меті **захист здоров'я та життя працівників**, зменшення професійних ризиків і забезпечення безаварійної експлуатації холодильного обладнання.

1. Основні небезпеки на підприємствах холодильного циклу

Джерело небезпеки	Потенційний ризик
Холодоагенти (амоніак, фреон, CO ₂ тощо)	Токсичність, вибухонебезпечність, задушливий ефект
Низькі температури	Обмороження, зниження працездатності
Електрообладнання	Ураження струмом, коротке замикання
Високий тиск у системах	Гідроудари, розрив трубопроводів
Рухомі частини установок	Травми рук, затягування одягу
Шум і вібрації	Зниження слуху, професійні захворювання

2. Організаційні заходи

- **Призначення відповідальних осіб** за безпечну експлуатацію холодильного обладнання.
- **Розробка інструкцій з охорони праці** для кожної категорії персоналу.
- **Проведення інструктажів:**
 - Вступний
 - Первинний на робочому місці
 - Повторний (раз на 6 місяців)
 - Позаплановий (у разі змін або аварій)
- **Контроль допуску до роботи** — лише кваліфіковані працівники з допусками.

3. Технічні заходи безпеки

- **Захист від витоку холодоагентів:**
 - Герметизація систем.
 - Установка газоаналізаторів.

					MX188.003.006 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Автоматичне відключення в разі витоку.
- **Безпечна робота з електрикою:**
 - Встановлення УЗО та захисного заземлення.
 - Роботи виконує тільки електротехнічний персонал з групою допуску.
- **Системи сигналізації та блокування:**
 - Попередження про перевищення тиску, температуру, витік газів.
- **Регламентне техобслуговування:**
 - Згідно з паспортами обладнання, з фіксацією в журналах.

4. Індивідуальний захист працівників (ЗІЗ)

- Теплий спецодяг (у морозильних зонах).
- Рукавиці, захисні окуляри, шолом.
- Протигази або респіратори (при роботі з амоніаком, фреонами).
- Засоби захисту слуху (в разі шуму >85 дБ).
- Діелектричні рукавички (для електромонтерів).

5. Умови праці та побут

- **Оптимальний мікроклімат** у зонах відпочинку: +20...+22°C.
- **Організація режиму праці та відпочинку:** обмеження перебування у зонах < -20°C (перерви кожні 30–45 хв).
- **Наявність побутових приміщень** — душ, роздягальні, кімнати відпочинку.
- **Пожежна безпека** — наявність вогнегасників, плану евакуації, систем виявлення пожежі.

6. Навчання та медогляди

- **Обов'язкове навчання з охорони праці**, атестація знань.
- **Попередній та періодичний медичний огляд** для працівників, які працюють у шкідливих умовах або з небезпечними речовинами.

7. Документація з охорони праці

- Журнал реєстрації інструктажів.
- Журнал обліку несправностей.
- Акти перевірок технічного стану.
- Накази про призначення відповідальних за безпечну експлуатацію.

					MX188.003.006 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Охорона праці на підприємстві холодильного циклу — це не лише юридична вимога, а умова стабільної та безпечної роботи персоналу і виробництва. Вона має базуватись на поєднанні технічного контролю, кваліфікованого обслуговування та відповідального ставлення працівників.

Якщо потрібно — можу підготувати:

- Інструкцію з охорони праці.
- Презентацію для атестації персоналу.
- Журнал реєстрації інструктажів у форматі Word/Excel.

					MX188.003.006 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко, В. С. Холодильна техніка: підручник / В. С. Бондаренко. — К.: Либідь, 2019. — 384 с.
2. Сахарук, М. З. Основи холодильних машин і установок / М. З. Сахарук. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. — 296 с.
3. Пахомов, В. Є. Енергоефективність холодильного обладнання / В. Є. Пахомов. — Харків: НТУ "ХП", 2020. — 220 с.
4. ДСТУ Б В.2.5-37:2008. Системи холодопостачання. Проектування та монтаж. — [Чинний від 2009-01-01]. — К.: Мінрегіонбуд України.
5. ASHRAE Handbook – Refrigeration (2022). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. — Atlanta, USA.
6. Молчанов, Б. А. Теоретичні основи теплотехніки / Б. А. Молчанов. — К.: Вища школа, 2018. — 310 с.
7. Холодильні машини і установки: навч. посібник / За ред. І. М. Швайки. — Одеса: ОНАХТ, 2020. — 278 с.
8. EN 378-1:2016. Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria.
9. Мельник, Л. Г. Основи технічної термодинаміки / Л. Г. Мельник. — Суми: СумДУ, 2022. — 240 с.
10. Кіреєв, Ю. Є. Холодильні агенти: властивості, застосування, безпека / Ю. Є. Кіреєв. — Київ: Наукова думка, 2019. — 192 с.
11. Єпіфанов, А. С. Теплові насоси і їх застосування / А. С. Єпіфанов. — Харків: УПА, 2021. — 206 с.
12. ISO 5149-1:2014. Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Part 1: Definitions, classification and selection criteria.

					MX 188.003.007 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Зінов'єв, І. О. Автоматизація холодильних установок / І. О. Зінов'єв. — Дніпро: ДНУ, 2023. — 180 с.
14. Кашкін, В. В. Теорія і розрахунок холодильних циклів / В. В. Кашкін. — К.: Політехніка, 2018. — 254 с.

					MX 188.003.007 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВІПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Балан Андрій Григорович,
здобувач освіти гр. 4МХ-188, та

Бригадир Л.Г.,
керівник дипломного проекту,

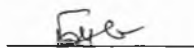
не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

«Розробка морозильного апарату конвеєрного типу, продуктивністю 250 кг/годину м'ясопродуктів та м'яса»

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

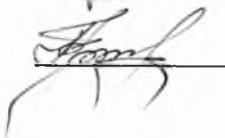
Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Балан А.Г. /

Керівник



/ Бригадир Л.Г. /

«10» червня 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

В І Д Г У К

керівника про дипломний проект здобувача освіти

Балана Андрія Григоровича

Спеціальність № 142 «Енергетичне машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Монтаж і обслуговування холодильно-компресорних машин та установок»

Тема: Розробка морозильного апарату конвеєрного типу, продуктивністю 250 кг/годину м'ясопродуктів та м'яса.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) Об'єм та якість виконаної роботи (графічного матеріалу та розрахунково-пояснювальної записки)

Дипломний проект Балана А.Г. виконано згідно завданню і складається з пояснювальної записки на сторінках і графічного матеріалу на аркушах, формату А-1. Дипломний проект відповідає вимогам ЕСКД і ДСТУ

б) Самостійність роботи над проектом (роботою)

Дипломник Балан над дипломним проектом працював самостійно, графік виконання окремих розділів пояснювальної записки і графічних аркушів не порушував.

в) Теоретична підготовка дипломника

Теоретична підготовка студента Балана Андрія Григоровича - добра.

При навчанні за освітньо-професійною програмою «Монтаж і обслуговування холодильно-компресорних машин та установок» показав програмні результати навчання на достатньо високому рівні, зацікавленість проявляв до дисциплін професіонального циклу.

ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) студента

Балана Андрія Григоровича

Спеціальність № 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма «Монтаж і обслуговування холодильно-
компресорні машин та установок»

Тема: Розробка морозильного апарату конвєсрного типу, продуктивністю 250
кг/годину м'ясопродуктів та м'яса.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 63 сторінки

Обсяг графічної частини проекту 3 аркуші

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) Висновок про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи)
завданню

Дипломний проект Балан А.Г., виконаний згідно завданню і складається з
пояснювальної записки на _____ сторінках і графічного матеріалу на 3 аркушах.
Дипломний проект відповідає вимогам ЕСКД і ДСТУ

б) Характеристика виконання кожного розділу проекту: ступеня використання
дипломником останніх досягнень науки і техніки передових методів
роботи на виробництві

Тема дипломного проекту розкрита у повному обсязі. Всі розділи розрахунково-
конструкторської частини виконані з урахуванням останніх досягнень науки і техніки
в галузі енергетичного машинобудування. Дипломник використовував технічну і
довідкову літературу по данні у темі. Враховані передові методи
роботи на виробництві

в) Оцінка якості виконання графічної частини проекту (роботи) і пояснювальної
записки

Якість виконання пояснювальної записки і графічної частина добра

г) Перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи)

1. Виконання графічної частини за допомогою програми AutoCAD.
2. Використання сучасного холодильного обладнання.

д) Основні недоліки дипломного проекту (роботи)

1. Не відповідність нумерації розділу 4 зі змістом.
2. На графічному аркуші №3 «Автоматизації» на панелі управління не вказані управління позиціями 8,9,10.

Оцінка розрахункової частини

4 (добре)

Оцінка графічної частини

4 (добре)

Загальна оцінка

4 (добре)

Прізвище, ім'я, по батькові:

Беркаш Тарас Володимир

Місце роботи і посада рецензента:

Вел, СТФК ОИТУ
Бєлєвцєв - мєтєдичєс

«20» 05 2025 р.


Підпис

Звіт подібності

метадані

Назва організації:

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок:

Розробка морозильного апарату конвексного типу, продуктивністю 250 кг/годину м'ясопродуктів та м'яса

Автор:

Науковий керівник / Експерт

Балан Андрій Григорович
Бригадир Людмила Григорівна

Підрозділ:

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Кількість фраз для коефіцієнта подібності 2



9607

Кількість слів

71863

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про **МОЖЛИВІ** маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	В	12
Інтервали	A	0
Мікропробіли	0	2
Білі знаки	0	0
Парафрази (SmartMarks)	a	144

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА (URL (НАЗВА БАЗИ))	Копію тексту
		КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.onlu.edu.ua/bitstreams/6046cc0e-a398-49f5-a01d-87d33230039a/download	180 1.87 %
2	https://card-file.onlu.edu.ua/bitstreams/6046cc0e-a398-49f5-a01d-87d33230039a/download	176 1.83 %
3	https://card-file.onlu.edu.ua/bitstreams/9a73f0a0-74fe-4140-8987-a3e399f2b1f1/download	138 1.44 %
4	https://card-file.onlu.edu.ua/bitstreams/4d5313cd-6145-4cc1-a527-e3438a955cf5/download	72 0.75 %
5	https://card-file.onlu.edu.ua/bitstreams/9a73f0a0-74fe-4140-8987-a3e399f2b1f1/download	68 0.71 %