

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

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

Блаженко С.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021 р.

«До захисту допущено»

В.о.завідувача кафедри

Петренко В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильна техніка та технології

на тему: Проект забійного цеху у м. Луцьк з моделюванням розподілу повітря в камерах охолодження

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗХМ-2-6М

Косаківського Артема Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Масліков Максим Михайлович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультант _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь _____

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильна техніка та технології
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 10 ” листопада 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Косаківського Артема Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект забійного цеху у м. Луцьк з моделюванням розподілу повітря в камерах охолодження

керівник роботи доц. Масліков М.М.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” 11 2020 року №925-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Моделювання камер охолодження 10 та 12 м/с

Тип продукту sage, заморожене м'ясо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1). Технолог. схема оброблення продукції.

2). Розрахунок холодильної частини проекту

3). Моделювання камер заморожування

4). Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу _____

Анотація

В дипломному проекті розраховано та спроектовано холодильник забійного цеху продуктивністю 40 т/добу в місті Луцьк. Суть проекту полягає у визначенні основних розмірів і планування приміщення холодильника, підбір основного та допоміжного обладнання його технічні характеристики.

В дипломному проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів, а також виконано тривимірне моделювання систем розподілу повітря, в камерах зберігання охолодженої продукції, методами САЕ.

Дипломний проект виконаний на ПК, для розрахунків використовувалися такі прикладні програми: "Microsoft Excel", Microsoft Word", креслення та схеми виконанні за допомогою програми "AutoCad 2020".

Список літератури 7 примірників.

Ключові слова: камери шоквої заморозки, Ansys CFX, тривимірне моделювання, забійний цех.

Зміст

- 1. Вступ*
 - 2. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.*
 - 3. Техніко-економічне обґрунтування.*
 - 4. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника.*
 - 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.*
 - 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.*
 - 7. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори.*
 - 8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.*
 - 9. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.*
 - 10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання.*
 - 11. Розрахунок охолодника оборотної води.*
 - 12. Вибір допоміжного обладнання.*
 - 13. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.*
 - 14. Вибір насосів.*
 - 15. Техніко-економічні показники.*
 - 16. Охорона праці.*
 - 17. Монреальський протокол*
 - 18. Тривимірне моделювання*
 - 19. Автоматизація*
- Список використаної літератури*

1. Вступ

У сучасній світовій економіці спостерігається тенденція збільшення споживання енергії. Як ми бачимо основними джерелами є викопні ресурси. Це призводить до викидів в атмосферу, що погіршує екологічну ситуацію. В розвинених країнах спостерігається щорічне зниження енергоємності за рахунок підвищення ефективності використання енергоресурсів в усіх галузях економіки. В той же час в Україні рівень витрат на енергоресурси знижується порівняно низькими темпами. Відповідно для вирішення цих проблеми, в дипломному проекті необхідно провести порівняльний аналіз схемних рішень на базі м'ясокомбінату. При найбільш оптимальному схемному рішенні ми зможемо забезпечити найменше використання енергоресурсів (електроенергії). М'ясокомбінат це підприємство яка є вимогливим до енергоресурсів, адже необхідно забезпечити роботу конвеєрів, установок по переробці туш яловичини та первинній переробці забійних туш, а також холодильної обробки продуктів м'ясокомбінату та їх зберігання. Правильне використання сучасних схем допоможе знизити питомі витрати роботи компресорів, збільшити питому холодопродуктивність відповідно збільшивши холодильний коефіцієнт холодильних установок. Зменшити необхідну кількість холодильного агенту і при цьому зменшити вартість обладнання.

М'ясна промисловість — галузь харчової промисловості, підприємства якої здійснюють заготівлю та забій худоби, птиці, кролів та виготовляють м'ясо, ковбасні вироби, м'ясні консерви, напівфабрикати (котлети, пельмені та інші кулінарні вироби). М'ясна промисловість забезпечує населення м'ясом, напівфабрикатами, готовими виробами. За вартістю виробленої продукції ця галузь посідає перше місце в харчовій промисловості. У великих містах розміщені м'ясокомбінати, у яких комплексно переробляють продукцію тваринництва. Однак необхідно більше наближати підприємства до районів розвинутого тваринництва, щоб уникнути далеких перевезень, живих тварин.

Поряд з виробництвом харчових продуктів, м'ясна промисловість випускає сухі тваринні корми, цінні медичні препарати (інсулін, гепарин, ліпокаїн та інші), а також амінокислоти. Побічні продукти забою худоби (вони становлять до половини фізичної маси туші тварини) йдуть на харчові, технічні, медичні та інші цілі. Вторинні продукти — (субпродукти 2 категорії, кров, кості, жир, кишкова сировина).

Кон'юнктура ринку, особливості ведення господарської діяльності у тваринництві, коливання попиту опосередковані впливом сезонності виробництва й продажів м'ясопродуктів. Істотні коливання характерні для 4-го кварталу, насамперед, у грудні місяці, за яким слідує різкий провал у січні (у період різдвяних канікул споживається куплене наприкінці грудня) і в лютому-березні, на які припадає час Великого посту. Для інших періодів більш характерне перегрупування споживання м'ясопродуктів. Так, у літні місяці переважніше: консерви й твердокопчені ковбаси, а також у вакуумному упакуванні й знижуються продажі виробів з низьким строком зберігання.

Сезонність багато в чому обумовлена технологією відгодівлі великої рогатої худоби, що дозволяє господарствам знизити собівартість вигодовування в період зеленого конвеєра. Відповідно при масовій здачі худоби пропозиція перевищує споживання. Надлишки доводиться заморожувати, переробляти в продукцію тривалого зберігання. Через це погіршується якість і втрачається до 5-6 % ресурсів м'ясопродуктів.

2. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.

Приміщення холодильника знаходиться в місті Харків. Продуктивність підприємства по переробці продукції становить: баранина в напівтушах 30 т/добу, курятина – 10 т/добу. Продуктивність подана по живій масі. Місткість камер зберігання замороженої продукції відповідно 810 т та 270 т. Їх ємність розрахована на 30 добових надходжень продукції: $27 \cdot 30 = 810$ т для баранини та $9 \cdot 30 = 270$ т для курятини. Також передбачена камера для зберігання заморожених субпродуктів місткістю 40т, розрахована для 10 добових надходжень (добове надходження субпродуктів 4 т) . Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки.

Охолодження та заморожування туш баранини відбувається в камерах тунельного типу періодичної дії на підвісних коліях. Туші подаються на холодильне оброблення зважені та упаковані. Після камери заморожування туші вкладаються в стоячні піддони, в яких відправляються на зберігання в морозильну камеру, де вони можуть знаходитись до 6 місяців . Для камер зберігання добове надходження продукту складає 27 т/добу.

Технологічна схема обробки супродуктів баранини.

Обробка баранячих хвостів: зачищення від прирізів шкур та волосу → промивання протягом 2-3 хв. водою у мийному барабані → стікання води протягом 20-30 хв. → заморожування.

Обробка м'якушевих субпродуктів

Язики баранячі: промивання у мийному барабані 2-3 хв. (або в чані 10 хв.) → зачищення (відокремлення калтика, під'язикової кістки і під'язикового м'яса, лімфатичних вузлів, можливо слизової оболонки) → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Лівер баранячий (вилучені з туш у природному сполученні серце, легені,

печінка, діафрагма, трахея): відокремлення жовчного міхура з жовчним протоком → промивання холодною водою у мийному барабані 2-3 хв. (5-10 хв. під душем або в чані) → розбирання ліверу → направлення на заморожування.

Обробка печінки: відокремлення зовнішніх кровоносних судин → видалення жовчних протоків і лімфатичних вузлів → зачищення → промивання під душем → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Обробка серця: звільнення від серцевої сумки → видалення зовнішніх кровоносних судин → розрізання вздовж і декілька повздовжніх та поперечних розрізів з боку порожнин → видалення згустків крові → промивання під душем → стікання води → направлення на заморожування.

Обробка легенів: відокремлення трахеї, зовнішніх бронхів і кровоносних судин → промивання водою → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування;

Обробка діафрагми та трахеї: зачищення від сторонніх тканин → промивання в барабані 2-3 хв. → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Обробка нирок: звільнення від жирової капсули → зачищення від зовнішніх кровоносних судин, сечоводів, лімфатичних вузлів → укладання в ковші (тазики) → направлення на заморожування.

Обробка м'ясної обрізі: зачищення від залишків шкіри, волосу, забруднень та згустків крові, лімфатичних вузлів та залоз → промивання теплою водою 2-3 хв. у мийному барабані (або 5-10 хв. у чані з проточною водою) → стікання води 20-30 хв. у перфорованих ємностях → направлення на заморожування.

Обробка селезінок та м'яса стравоходів: знежирення → зачищення → промивання холодною водою в барабані протягом 2-3 хв. → укладання в перфоровані ємності → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Курятина заморожується в швидкоморозильному апараті. Потім вкладається в ящики та відправляється в камеру зберігання.

Субпродукти баранини та курятини з початковою температурою 30°C та

25°C відповідно направляються на заморожування в ящиках.

Заморожування відбувається в камері зберігання з $t_{\text{пов}} = -20^\circ\text{C}$, $w_{\text{пов}} = 2 \text{ м/с}$, $\phi = 80\%$. Частка субпродуктів складає 10% від маси туші. Добове надходження складає 4 т/добу. Продукт надходить до камери рівномірно на протязі доби, тому для врахування цього приймаю за час обробки 24 години.

Розрахунок часу заморожування туші баранини.

Замороження відбувається в 2 стадії. Розрахунок проводимо за методичними вказівниками по вивченню дисципліни «Холодильна технологія» (шифр 6799, укладач Масліков Максим Михайлович).

Вихідні дані:

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_T = 0,5 \text{ Вт/мК}$

Питома теплоємність туші $c_T = 3,18 \text{ кДж/(кгК)}$

Коефіцієнт температуропровідності $a_m = 1,48 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Товщина туші $\delta = 0,4 \text{ м}$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря $\nu = 13,28 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Густина туші $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$

Коефіцієнт теплопровідності повітря $\lambda_{\text{пов}} = 0,0244 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$

Розрахунок починаємо проводити з умови, що кінцева температура туші дорівнює 3°C.

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі з поверхні туші для рухомого повітря:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пов}}}{\delta} \quad (\text{форм. 7})$$

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,7} \quad (\text{форм. 9})$$

$$Re = \frac{\omega_{нов} \cdot \delta}{\nu_{нов}} \quad (\text{форм. 10})$$

$\omega_{нов}$ - швидкість повітря, м/с

$$Re = \frac{4 \cdot 0,4}{13,28 \cdot 10^{-6}} = 120482$$

$$Nu = 0,17 \cdot 120482^{0,7} = 612,4$$

$$\alpha = \frac{612,4 \cdot 0,0244}{0,4} = 37,4 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Розраховуємо критерій Біо (форм. 11):

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda_m} = \frac{37,4 \cdot 0,2}{0,5} = 15$$

R - визначальний розмір (половина туші 0,2 м)

Розраховуємо безрозмірну температуру в центрі туші (форм. 12):

$$\theta_0 = \frac{t_k - t_{кам}}{t_0 - t_{кам}} = \frac{3 + 3}{35 + 3} = 0,16$$

$t_{кам} = -3 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура в камері;

$t_k = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ – кінцева температура туші;

$t_0 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ – початкова температура туші;

За графіком безрозмірної температури в центрі туші [літ. 1 ст. 361] за значенням числа Біо та θ_0 знаходимо число Фо:

$$Fo = 0,18$$

Розраховуємо час охолодження:

$$\tau = \frac{Fo \cdot \left(\frac{\delta}{2}\right)^2}{a_m} = \frac{0,18 \cdot 0,2^2}{1,48 \cdot 10^{-7}} = 48539 \text{ с} = 13,5 \text{ год}$$

Розраховуємо час заморожування туші від температури $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-8 \text{ }^\circ\text{C}$

Коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту:

$$\lambda_{мор} = \lambda_0 + 0,9 \cdot \omega$$

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t_{кам}} = 1 - \frac{-1}{-35} = 0,97 - \text{ частка вимороженої вологи}$$

$$\lambda_{мор} = 0,5 + 0,9 \cdot 0,97 = 1,373 \text{ Вт/м} \cdot \text{К (форм. 18)}$$

Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі з поверхні продукту:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{нов}}{\delta} \quad (\text{форм. 7})$$

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,7} \quad (\text{форм. 9})$$

$$Re = \frac{\omega_{нов} \cdot \delta}{\nu_{нов}} \quad (\text{форм. 10})$$

$\omega_{нов}$ - швидкість повітря, м/с

$$Re = \frac{8 \cdot 0,4}{10,8 \cdot 10^{-6}} = 370370$$

$$Nu = 0,17 \cdot 370370^{0,7} = 1344$$

$$\alpha = \frac{1344 \cdot 0,022}{0,4} = 74 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Розрахунок часу заморожування туші (форм. 19):

$$\tau = \frac{\rho \cdot \delta \cdot (h_{поч} - h_{кін})}{t_{кр} - t_{кам}} \cdot \left(R \cdot \frac{\delta}{\lambda_{мор}} + P \cdot \frac{1}{\alpha} \right)$$

$R=0,0556$, $P=0,2142$ - коефіцієнти для розрахунку тепловіддачі від паралелепіпеда (відведення теплоти з шести сторін)

(літ.1 таб. 9 ст. 373)

$t_{кр} = -1$ °С – криоскопічна температура баранини;

$h_{поч} = 233,15$ кДж/кг – початкова ентальпія баранячої туші;

$h_{кін} = 38,5$ кДж/кг – кінцева ентальпія баранячої туші;

$$\tau = \frac{1060 \cdot 0,4 \cdot (233150 - 38500)}{-1 - 35} \cdot \left(0,0556 \cdot \frac{0,4}{1,373} + 0,2142 \cdot \frac{1}{74} \right) = 56181 \text{ с} = 15,6 \text{ год}$$

Холодильна обробка туш баранини в часі:

Забій худобини і подальша її обробка починається о 8 годині ранку.

Туші поступають на охолодження в камеру періодичної дії на протязі 1 зміни, де м'ясо охолоджується до кінцевої температури за 13,5 годин. О 8 годині ранку наступного дня туші на підвісних коліях переміщуються в камеру заморожування, а в камеру охолодження починає поступає нова партія. Оскільки камера періодичної дії і в ній продукт знаходиться на протязі доби то за час охолодження можна взяти 24 години. В камері

заморожування туші заморожуються до кінцевої температури приблизно за 15,5 годин. О 8 годині наступного дня туші вкладають в стоячні піддони і відправляють в камеру зберігання. Для камери заморожування час обробки продукту можна обрати теж 24 години.

3. Техніко-економічне обґрунтування.

Побудова даного підприємства в м. Луцьк дає змогу накопичувати м'ясо, яке по мірі необхідності відправляється до споживача. Наявність холодильника забійного цеху в такому великому населеному пункті дозволяє уникнути зайвих логістичних витрат, що позитивно відображається на вихідній ціні пропонованої споживачу продукції. Дане підприємство дасть змогу проводити більш ретельний санітарний контроль сировини порівняно з кустарним забосом худоби, а це в свою чергу впливає на якість кінцевої продукції. Наявність забійного цеху з власним холодильником впливає на збільшення поголів'я, як в господарствах населення, так і в сільськогосподарських підприємствах.

В даному проекті для отримання холоду використовується насосно-циркуляційна схема подачі холодоагента, як сама найпростіша та надійніша порівняно з подібними схемами, що працюють на аміаку. Даний холодильний агент вибраний з розрахунку його дешевизни, екологічною безпечністю порівняно з фреонами. Схема охолодження обрана безпосередня, що дозволяє зменшити капітальні затрати в порівнянні з використанням проміжного теплоносія, а також зменшуються витрати на спожиту електроенергію. Як теплообмінне обладнання для камер холодильника обрані повітроохолодники. Це дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже процес заморожування та охолодження прискорити. Також порівняно з батарейним охолодженням повітроохолодники більш компактні, а отже менше займають вантажну площу, менш металоємні при однаковій холодопродуктивності. Конденсатор обраний кожухотрубний з водяним охолодженням, що дає змогу зменшити тиск конденсації в порівнянні з повітряним конденсатором.

4. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

У даному холодильнику містяться такі камери :

- тунельна камера періодичної дії для охолодження туш баранини (місткість 27 т м'яса);
- тунельна камера періодичної дії для замороження туш (місткість 27 т м'яса);
- камера зберігання замороженого м'яса (810 т);
- приміщення для спірального швидкоморозильного апарату для заморожування курятини;
- камера зберігання замороженої курятини (270 т)
- камера для заморожування та зберігання субпродуктів (40 т);
- допоміжні приміщення (коридори, експедиція, тощо)
- машинне відділення;
- службові приміщення;

Розмір сітки колон приймаємо 6×6.

2.1 Камера охолодження туш баранини на підвісних коліях:

$$F_{к.ох.} = \frac{M \cdot \tau}{q_F \cdot 24},$$

де $q_F = 0,2$ - норма завантаження на 1 м^2 будівельної площі (м'ясо на підвісних коліях) камери, $\text{т}/\text{м}^2$

$M = 27$ т/доба - добова продуктивність камери охолодження

Час охолодження туш τ приймаємо 24 години в зв'язку з тим, що камера охолодження періодичної дії і загрузка в неї нової партії туш відбувається через кожен добу.

$$F_{к.ох.} = \frac{27 \cdot 24}{0,2 \cdot 24} = 135 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників за формулою:

$$n = \frac{F_{к.ох}}{f_{пр}} = \frac{71}{36} = 3,75$$

Приймаємо 4

2.2 Камера заморожування баранячих туш:

$$F_{к.зам.} = \frac{M \cdot \tau}{q_F \cdot 24},$$

де $q_F = 0,2$ - норма завантаження на 1 м^2 будівельної площі (м'ясо на підвісних коліях) камери, т/ м^2

$\tau = 24$ год – час знаходження туш в камері заморожування;

$M = 27$ т/доба - добова продуктивність камери заморожування;

$$F_{к.зам.} = \frac{27 \cdot 24}{0,2 \cdot 24} = 135 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників за формулою:

$$n = \frac{F_{к.ох}}{f_{пр}} = \frac{135}{36} = 3,75$$

Приймаємо 4

2.3 Камера зберігання замороженої баранини в стоячних піддонах.

Розміри піддонів: 1000x850x1750 мм

Кількість рядів 2

Грузова висота 3,5м

Площа камери зберігання:

$$F_1 = \frac{M}{q_v \cdot h_{гр}},$$

де $h_{гр} = 3,5$ м – висота штабеля (грузова висота);

$q_v = 0,6$ т/м³ – питома загрузка від продукту;

$M = 810$ т – маса продукту

$$F_{зб.1} = \frac{810}{0,6 \cdot 3,5} = 375 \text{ м}^2$$

Будівельна площа

$$F_{\text{бюд.1}} = \frac{F_{\text{зб.1}}}{\beta},$$

де $\beta = 0,8$ – коефіцієнт використання площі камери, що враховує площу камери, зайняту не вантажем, а колонами, приборами охолодження, відступами та проходами.

$$F_{\text{бюд.1}} = \frac{375}{0,8} = 469 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n = \frac{F_{\text{бюд.1}}}{f_{\text{пр}}} = \frac{469}{36} = 13,02, \text{ приймаємо } 13$$

2.4 Камера для швидкоморозильного апарату для заморожування птиці:

Продуктивність апарату 9 тони за добу

Параметри швидкоморозильного апарату:

Модель/Параметр	SDL-1000
Продуктивність, кг/цикл	1000
Час циклу заморожування, хв	40
Максимальна температура продукту на вході, °С	+50
Температура продукту на виході, °С	-18
Температура заморожування, °С	-35
Холодопродуктивність, кВт	240
Використовуючий холодоагент	R717/R22
Споживаюча потужність, кВт	35
Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	15580×5300×3300
Загальна маса, кг	5300

Приймаємо розміри камери:

Довжина – 18 м

Ширина – 6 м

Висота – 4 м

2.5 Камера зберігання замороженої курятини

Курятина зберігається в ящиках (600х400х200 мм) на піддонах (800х1200х150 мм) в стелажах. Кількість рядів по висоті 2, висота кожного ряду 1,65 м. Грузова висота камери: 3,3 м

Маса продукту 270 т

$q_v = 0,38$ - норма завантаження на 1 м^3 об'єму камери, т/ м^3

Грузова площа:

$$F_{зб.2} = \frac{270}{0,38 \cdot 3,3} = 215 \text{ м}^2$$

Будівельна площа:

$$F_{бюд.2} = \frac{F_{зб.2}}{\beta},$$

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

$$F_{бюд.2} = \frac{215}{0,75} = 287 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n = \frac{F_{бюд.2}}{f_{np}} = \frac{287}{36} = 7,97$$

Приймаємо 8

2.6 Камера для заморожування та зберігання субпродуктів.

$$F_{зб.3} = \frac{40}{0,6 \cdot 3,4} = 19,6$$

Будівельна площа:

$$F_{бюд.3} = \frac{F_{зб.2}}{\beta},$$

де $\beta = 0,7$ – коефіцієнт використання площі камери

$$F_{бюд.3} = \frac{19,6}{0,7} = 28 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

Приймаємо 1.

2.7 Площа допоміжних приміщень приймається в межах 25 – 40 % від камер зберігання. Приймаємо 40 %

$$F_{\text{доп}} = 0,4 \cdot F_{\text{зб}} = 0,4 \cdot 792 = 316,8 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{зб}} = (F_{\text{бюд1}} + F_{\text{бюд2}} + F_{\text{бюд3}}) = 468 + 288 + 36 = 792 \text{ м}^2$$

2.8 Площа машинного відділення приймають в межах (0,05 – 0,35)·F

$$F = F_{\text{охол}} + F_{\text{зам}} + F_{\text{зб}} + F_{\text{доп}}$$

$$F = 144 + 252 + 792 + 316,8 = 1505 \text{ м}^2$$

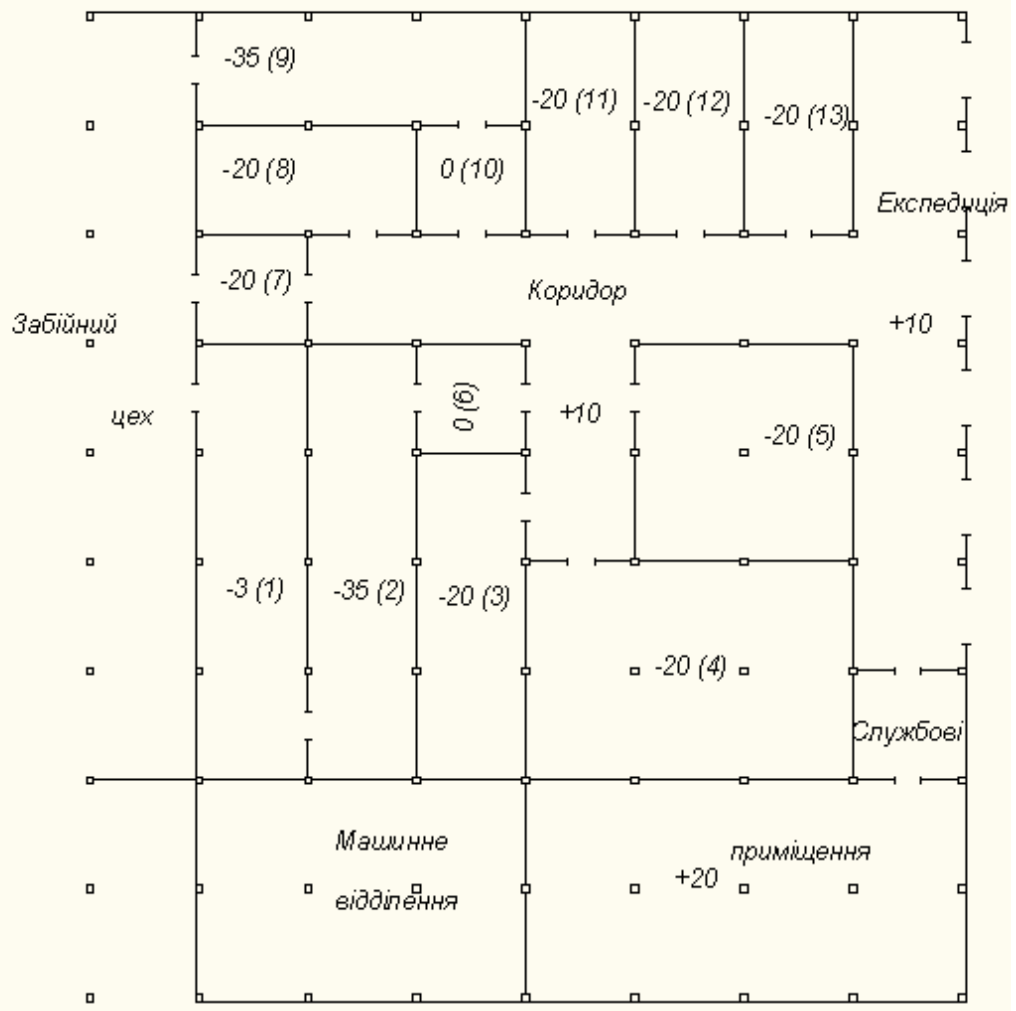
$$F_{\text{маш}} = 0,2 \cdot F = 0,15 \cdot 1504,8 = 226 \text{ м}^2$$

2.9 Площа службових приміщень приймається в межах (0,2 – 0,4)·F

$$F_{\text{сл}} = 0,2 \cdot F = 0,2 \cdot 1505 = 301 \text{ м}^2$$

Камера	Температура, °С	Площа камери, м ²	Кількість буд. прямокутників
Охолодження туш баранини	-3	144	4
Заморожування туш баранини	-35	144	4
Зберігання заморожених туш	-20	468	13
Заморожування та зберігання субпродуктів	-20	36	1
Спіральний швидко-морозильний апарат	-35	108	3
Зберігання замороженої курятини	-20	288	8
Допоміжні приміщення	0 (+10)	316,8	9
Машинне відділення	Без опалення	226	6
Службові приміщення	+20	301	9

Схема холодильника зображена на мал. 1:



5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.

глибина промерзання ґрунту 100 см,

середня температура 7,0°C,

розрахункова літня температура 32°C,

розрахункова зимня температура -23°C,

відносна вологість влітку 47%,

відносна вологість взимку 81%.

Обираємо будівельні конструкції будинку. Приймаємо, що будівля – каркасного типу; колони розміром 400×400 мм, стіни з сендвіч-панелей, будівельні балки довжиною 6 м і висотою 440 мм. Висота камер від чистої підлоги до низу балки 4 м. Покриття без горища. Плити перекриття – ребристі, довжиною 6 м шириною 1,5 м та товщиною полки 300 мм. Підлога – з електропідігрівом ґрунту. Стіни які не підлягають утепленню – це перегородки між корпусом машинного відділення та службовими приміщеннями.

Температури для розрахунку ізоляції наведені на мал.1, коридори та експедиція є охолоджуваними. Середня температуру повітря на вулиці дорівнює 7,0°C. Відповідно, місто розташоване в середній кліматичній зоні.

Конструкція стін, підлоги та стель камер, коридорів та експедиції холодильника наведена в таб.2:

Номер та назва огорожі	Конструкція огорожі	№	Назва та матеріал шару	Товщина δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)	Тепло-вий опір $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, (м ² ·К)/Вт
------------------------	---------------------	---	------------------------	------------------------	--	---

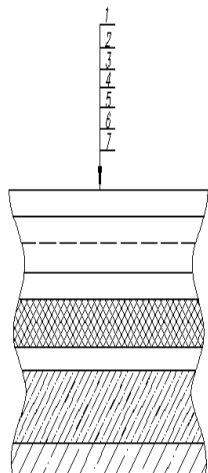
1) Стіна зовнішня камери для швидкоморозильного апарату		1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		Сумарний тепловий опір				
1) Стіна зовнішня камер зберігання 11, 12, 13 з зовнішнім повітрям		1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		Сумарний тепловий опір				
2) Стіна між експедицією та зовнішнім повітрям		1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		Сумарний тепловий опір				
3) Стіна між експедицією та службовим приміщенням		1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		Сумарний тепловий опір				
4) Стіна між камерою		1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо

зберігання 4, 8, 7 та службовим приміщенням і забійним цехом	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
5) Стіна між камерою 9 та забійним цехом	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
Сумарний тепловий опір					
6) Стіна між камерою 1 та забійним цехом	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
Сумарний тепловий опір					
7) Стіна між камерою 1 та машинним відділенням	1	Штукатурка складна по металевій сітці	0,02	0,98	0,02
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Пароізоляція два шару гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	0,013
	4	Штукатурка цементно-піщана	0,02	0,93	0,022
	5	Кладка з цегли на цементному розчині	0,38	0,81	0,469
	6	Штукатурка складна	0,02	0,93	0,022

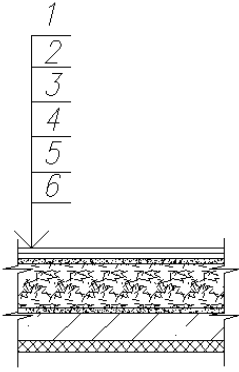
			Сумарний опір			0,546
8) Стіна між камерою 2 та машинним відділенням		1	Штукатурка складна по металевій сітці	0,02	0,98	0,02
		2	Теплоізоляція ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		3	Пароізоляція два шару гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	0,013
		4	Штукатурка цементно-піщана	0,02	0,93	0,022
		5	Кладка з цегли на цементному розчині	0,38	0,81	0,469
		6	Штукатурка складна	0,02	0,93	0,022
					Сумарний опір	
9) Стіна між камерою 3 та машинним відділенням		1	Штукатурка складна по металевій сітці	0,02	0,98	0,02
		2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		3	Пароізоляція два шару гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	0,013
		4	Штукатурка цементно-піщана	0,02	0,93	0,022
		5	Кладка з цегли на цементному розчині	0,38	0,81	0,469
		6	Штукатурка складна	0,02	0,93	0,022
					Сумарний опір	
10) Внутрішня стіна між камерами 8 і 9, та 2 і 3		1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
		2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити

	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
11) Внутрішня стіна між камерами 1 і 2	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
12) Внутрішня стіна між камерою 2 і коридором	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				Не враховуємо
13) Внутрішня стіна між камерами 2 і 6, та 10 і 9	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
14) Внутрішня стіна між камерами 3 і 6 та 11, 8 і 10	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо

	Сумарний тепловий опір				
15) Внутрішня стіна між камерами зберігання м'яса і курятини	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
16) Внутрішня стіна між камерами зберігання м'яса, курятини, субпродуктів та коридором і експедицією	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
17) Внутрішня стіна між камерами 1 та 7	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				
18) Стіна між допоміжними приміщеннями 6, 10 та коридором	1	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	2	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	3	Оцинкована сталь з лаковим покриттям	0,00055	60	Не враховуємо
	Сумарний тепловий опір				

19) Підлога в камерах замороження		1	Монолітне бетонне покриття з важкого бетону	0,04	1,86	0,022
		2	Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
		3	Пароізоляція (1 шар пергаміну)	0,001	0,15	Не враховується
		4	Плитна теплоізоляція (ПСБ-С)	Потрібно визначити	0,05	Потрібно визначити
		5	Цементно-піщаний розчин	0,025	0,98	0,026
		6	Ущільнений пісок	1,35	0,58	2,328
		7	Бетонна підготовка з електронагрівачами	-	-	-
		Сумарний опір				
20) Підлога в камерах зберігання		1	Монолітне бетонне покриття з важкого бетону	0,04	1,86	0,022
		2	Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
		3	Пароізоляція (шар пергаміну)	0,001	0,15	Не врахов.
		4	Плитна теплоізоляція (ПСБ-С)	Потрібно визначити	0,05	Потрібно визначити
		5	Цементно-піщаний розчин	0,025	0,98	0,026
		6	Ущільнений пісок	1,35	0,58	2,328
		7	Бетонна підготовка з електронагрівачами	-	-	-
		Сумарний опір				
21) Підлога в камері охолодження 1		1	Монолітне бетонне покриття з важкого бетону	0,04	1,86	0,022
		2	Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
		3	Пароізоляція (шар пергаміну)	0,001	0,15	Не врахов.

	4	Плитна теплоізоляція (ПСБ-С)	Потрібно визначити	0,05	Потрібно визначити
	5	Цементно-піщаний розчин	0,025	0,98	0,026
	6	Ущільнений пісок	1,35	0,58	2,328
	7	Бетонна підготовка з електронагрівачами	-	-	-
	Сумарний опір				2,42
22) Підлога в коридорі, експедиції, допоміжних приміщеннях 6,10	1	Монолітне бетонне покриття з важкого бетону	0,04	1,86	0,022
	2	Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
	3	Пароізоляція (шар пергаменту)	0,001	0,15	Не врахов.
	4	Плитна теплоізоляція (ПСБ-С)	Потрібно визначити	0,05	Потрібно визначити
	5	Цементно-піщаний розчин	0,025	0,98	0,026
	6	Ущільнений пісок	1,35	0,58	2,328
	Сумарний опір				2,42
23) Стеля над камерами зберігання	1	5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,04
	2	Стяжка із бетону по по металевій сітці	0,04	1,86	0,022
	3	Засипка з гравію	0,2	0,2	Не враховуємо
	4	Цементно- піщаний розчин	0,03	1	0,03
	5	З/б плита	0,22	2	0,11
	6	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
	Сумарний опір				0,202
24) Стеля над камерою охолодження 1	1	5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,04
	2	Стяжка із бетону по по металевій сітці	0,04	1,86	0,022

		3	Засипка з гравію	0,2	0,2	Не враховуємо
		4	Цементно-піщаний розчин	0,03	1	0,03
		5	З/б плита	0,22	2	0,11
		6	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
			Сумарний опір			0,202
25) Стеля над камерами заморожувана 2, 9		1	5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,04
		2	Стяжка із бетону по по металевій сітці	0,04	1,86	0,022
		3	Засипка з гравію	0,2	0,2	1
		4	Цементно-піщаний розчин	0,03	1	0,03
		5	З/б плита	0,22	2	0,11
		6	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
			Сумарний опір			1,202
		26) Стеля над коридором та експедицією	1	5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0,012	0,3
2	Стяжка із бетону по по металевій сітці		0,04	1,86	0,022	
3	Засипка з гравію		0,2	0,2	1	
4	Цементно-піщаний розчин		0,03	1	0,03	
5	З/б плита		0,22	2	0,11	
6	Теплоізоляція з ППУ		Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити	
	Сумарний опір			0,202		
27) Стеля над допоміжними приміщеннями 6, 10	1	5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,04	
	2	Стяжка із бетону по по металевій сітці	0,04	1,86	0,022	
	3	Засипка з гравію	0,2	0,2	1	

		4	Цементно- піщаний розчин	0,03	1	0,03
		5	З/б плита	0,22	2	0,11
		6	Теплоізоляція з ППУ	Потрібно визначити	0,025	Потрібно визначити
		Сумарний опір				0,202

5.1 Стіна зовнішня камери для швидко морозильного апарату

$$\alpha_з=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в=11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_в=-35^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,2$ табл. 8.2 (літ. 1)

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{\text{нотр}} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{ном}}} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,2} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,122 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 150 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,15}{0,025}} = 0,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.2 Стіна зовнішня камер зберігання 11, 12, 13 з зовнішнім повітрям .

Склад стіни показано в таблиці 2. Температура в камерах -20°C , охолодження здійснюється повітряними охолодниками, відповідно циркуляція повітря помірна. Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_в=-20^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ відповідно табл. 8.2 (літ. 1).

$$\alpha_з=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,00055}{60} + \frac{0,00055}{60} = 0$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{nomp} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,1 \text{ м}$$

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

k_0^{pot} - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

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

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

Приймаємо товщину теплоізоляції 100 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^\delta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.3 Стіна між експедицією та зовнішнім повітрям

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для експедиції з $t_b = 10^\circ\text{C}$

холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{pot} = 0,59$ табл. 8.2 (літ.

1)

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{nomp} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,59} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^\delta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,39 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.4 Стіна між експедицією та службовими приміщеннями

$$\alpha_3=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для експедиції з $t_в=10^\circ\text{С}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,46$ табл. 8.2 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{\text{нотр}} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,05 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^\delta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,39 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.5 Стіна між камерою зберігання 4, 8, 7 та службовим приміщенням і забійним цехом

$$\alpha_3=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_в=-20^\circ\text{С}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,21$ табл. 8.2 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{\text{нотр}} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,115 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 120 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^\delta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.6 Стіна між камерою 9 та забійним цехом

$$\alpha_3=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в=11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_в=-35^\circ\text{С}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,19$ табл. 8.2 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{ном}} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,19} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,128 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 150 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,15}{0,025}} = 0,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.7 Стіна між камерою 1 та забійним цехом

$$\alpha_з = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_{в} = -3^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,28$ табл. 8.2 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{ном}} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,086 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 100 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.8 Стіна між камерою 1 та машинним відділенням

$$\alpha_з = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_в = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,546 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_{в} = -3^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,45$ табл. 8.3 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{nomp} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,038 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,325 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.9 Стіна між камерою 2 та машинним відділенням

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,546 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для експедиції з $t_B = -35^\circ\text{C}$

холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,26$ табл. 8.3 (літ.

1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{nomp} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,26} - \left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,079 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 80 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,257 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.10 Стіна між камерою 3 та машинним відділенням

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,546 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_b = -20^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,27$ табл. 8.3 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{\text{нотр}} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,076 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 80 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^\delta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,257 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.11 Внутрішня стіна між камерами 8 і 9, та 2 і 3

$$\alpha_1 = 11 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad \alpha_2 = 11 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні
Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_b = -20^\circ\text{C}$ та $t_b = -35^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,5$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{\text{нотр}} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,5} - \left(\frac{1}{11} + 0 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,045 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}\right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 0 + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,4 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.12 Внутрішня стіна між камерами 1 і 2

$$\alpha_1 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_2 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_{в} = -3^{\circ}\text{C}$ та $t_{в} = -35^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,28$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{11} + 0 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,085 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 100 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}\right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 0 + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,25 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.13 Внутрішня стіна між камерою 2 і коридором

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_2 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_{в} = -35^{\circ}\text{C}$ та $t_{в} = 10^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,22$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,109 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 120 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}\right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,2 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.14 Внутрішня стіна між камерами 2 і 6, та 10 і 9

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) \quad \alpha_2 = 11 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_b = -35^\circ\text{C}$ та $t_b = 0^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,26$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,26} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,091 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 100 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}\right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,238 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.15 Внутрішня стіна між камерами 3 і 6 та 11, 8 і 10

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) \quad \alpha_2 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_b = -20^\circ\text{C}$ та $t_b = 0^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,29$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,29} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,08 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 80 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}\right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,29 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.16 Внутрішня стіна між камерами зберігання м'яса і курятини

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) \quad \alpha_2 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_b = -20^{\circ}С$ та $t_b = -20^{\circ}С$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,58$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,037 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}\right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.17 Внутрішня стіна між камерами зберігання м'яса, курятини, субпродуктів та коридором і експедицією

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) \quad \alpha_2 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_b = -20^{\circ}С$ та $t_b = 10^{\circ}С$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,23$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{nomp} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,103 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 120 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.18 Внутрішня стіна між камерами охолодження туш 1 та зберігання субпродуктів 7

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_2 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_{\text{в}} = -3^{\circ}\text{C}$ та $t_{\text{в}} = -20^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,33$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{nomp} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,33} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,071 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 80 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,294 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.19 Стіна між допоміжними приміщеннями 6, 10 та коридором

$$\alpha_1 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_2 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі в більш теплішому приміщенні

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі в більш холоднішому приміщенні Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_b=0^{\circ}\text{C}$ та $t_b=10^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні,
 $k_0^{\text{пот}}=0,54$ табл. 8.4 (літ. 1).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,54} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,041 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.20 Підлога в камерах замороження

$$\alpha_1 = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від підлоги табл.8.1 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_b=-35^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,21$
табл.8.3 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нотр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{7} + 2,42 \right) \right] = 0,11 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 150 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 2,42 \right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.21 Підлога в камерах зберігання

$$\alpha_1 = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від підлоги табл.8.1 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_{\text{в}} = -20^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,21$ табл.8.3 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{номр}} = \lambda_{i3} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{ном}}} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{7} + 2,42 \right) \right] = 0,11 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 150 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 2,42 \right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.22 Підлога в камері охолодження 1

$$\alpha_1 = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від підлоги табл.8.1 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_{\text{в}} = -3^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,41$ табл.8.3 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{nomp} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,41} - \left(\frac{1}{7} + 2,42 \right) \right] = -0,006 м$$

Теплоізоляція не потрібна

5.23 Підлога в коридорі, експедиції та допоміжних приміщеннях 6,10 теплоізоляції теж не потребує.

5.24 Стеля над камерами зберігання

$$\alpha_{вн} = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_{зн} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі від стелі табл.8.1 (літ.1)

$\alpha_{зн}$ – зовнішній коефіцієнт тепловіддачі табл.8.2 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_{в} = -20^\circ\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,22$ табл.8.2 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,202 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{nomp} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{nom}} - \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,104 м$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 120 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,193 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.25 Стеля над камерою охолодження 1

$$\alpha_{вн} = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_{зн} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі від стелі табл.8.1(літ.1)

$\alpha_{зн}$ – зовнішній коефіцієнт тепловіддачі табл.8.2 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_{в}=-3^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,33$ табл.8.2 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,202 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) /Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{\text{нотр}} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{\text{нотр}}} - \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,33} - \left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,066 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 80 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

5.26 Стеля над камерами заморожувана 2, 9

$$\alpha_{вн}=7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad \alpha_{зн}=23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі від стелі табл.8.1(літ.1)

$\alpha_{зн}$ – зовнішній коефіцієнт тепловіддачі табл.8.2 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з $t_{в}=-35^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}}=0,19$ табл.8.2 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,202 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) /Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{ном}} - \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,19} - \left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,12 м$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 120 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,19 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

5.27 Стеля над коридором та експедицією

$$\alpha_{вн} = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad \alpha_{зн} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі від стелі табл.8.1 (літ.1)

$\alpha_{зн}$ – зовнішній коефіцієнт тепловіддачі табл.8.2 (літ.1)

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камер з

$t_{в} = 10^{\circ}\text{C}$ холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні, $k_0^{\text{пот}} = 0,49$ табл.8.2 (літ.1)

Підраховуємо загальний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляційного.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,202 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k_0^{ном}} - \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}} \right) \right] = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,49} - \left(\frac{1}{7} + 0,202 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,041 м$$

Приймаємо товщину теплоізоляції 60 мм

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

1. Зовнішня стінка камери для швидко морозильного апарату	-35	23	11	0,043	0,111	0	0,122	0,15	0,2	0,163
2. Стіна зовнішня камер зберігання 11, 12, 13 з зовнішнім повітрям	-20	23	9	0,043	0,111	0	0,1	0,1	0,23	0,23
3. Стіна між експедицією та зовнішнім повітрям	10	23	9	0,043	0,111	0	0,038	0,06	0,59	0,39
4. Стіна між експедицією та службовим приміщенням	10	23	9	0,043	0,111	0	0,05	0,06	0,46	0,39
5. Стіна між камерою зберігання 4, 8, 7 та службовим приміщенням і забійним цехом	-20	23	9	0,043	0,111	0	0,115	0,12	0,21	0,202
6. Стіна між камерою 9 та забійним цехом	-35	23	11	0,043	0,091	0	0,128	0,15	0,19	0,163
7. Стіна між камерою 1 та забійним цехом	-3	23	11	0,043	0,091	0	0,086	0,1	0,28	0,24
8. Стіна між камерою 1 та машинним відділенням	-3	23	11	0,043	0,091	0,546	0,038	0,06	0,45	0,325
9. Стіна між камерою 2 та машинним відділенням	-35	23	11	0,043	0,091	0,546	0,079	0,08	0,26	0,257
10. Стіна між камерою 3 та машинним відділенням	-20	23	11	0,043	0,091	0,546	0,076	0,08	0,27	0,257
11. Внутрішня стіна між камерами 8 і 9, та 2 і 3	-20/-35	11	11	0,091	0,091	0	0,045	0,06	0,5	0,4
12. Внутрішня стіна між камерами 1 і 2.	-3/-35	11	11	0,091	0,091	0	0,085	0,1	0,28	0,25

13. Внутрішня стіна між камерою 2 і коридором	-35/ 10	11	9	0,091	0,111	0	0,109	0,12	0,22	0,2
14. Внутрішня стіна між камерами 2 і 6, та 10 і 9	0/ -35	11	9	0,091	0,111	0	0,091	0,1	0,26	0,238
15. Внутрішня стіна між камерами 3 і 6 та 11, 8 і 10	0/ -20	9	9	0,111	0,111	0	0,078	0,08	0,29	0,29
16. Внутрішня стіна між камерами зберігання м'яса і курятини	-20 / -20	9	9	0,111	0,111	0	0,037	0,06	0,58	0,38
17. Внутрішня стіна між камерами зберігання м'яса, курятини, субпродуктів та коридором і експедицією	-20 / 10	9	9	0,111	0,111	0	0,103	0,12	0,23	0,2
18. Внутрішня стіна між камерою 1 та 7	-3/ -20	9	11	0,111	0,091	0	0,071	0,08	0,33	0,294
19. Стіна між допоміжними приміщеннями 6, 10 та коридором	0/ 10	9	9	0,111	0,111	0	0,041	0,06	0,54	0,38
20. Підлога в камерах замороження	-35	7	-	0,125	-	2,42	0,11	0,15	0,21	0,18
21. Підлога в камерах зберігання	-20	7	-	0,125	-	2,42	0,11	0,15	0,21	0,18
22. Підлога в камері охолодження 1	-3	7	-	0,125	-	2,42	-	-	0,41	0,41
23. Підлога в коридорі, експедиції, допоміжних приміщеннях 6, 10	10 (0)	7	-	0,125	-	2,42	-	-	0,1(0,41)	0,1(0,41)
24. Стеля над камерами зберігання	-20	7	23	0,143	0,043	0,202	0,104	0,12	0,22	0,193
25. Стеля над камерою	-3	7	23	0,143	0,043	0,202	0,066	0,08	0,33	0,28

охолодження 1											
26. Стеля над камерами заморожувана 2, 9	-35	7	23	0,143	0,043	0,202	0,12	0,12	0,19	0,19	
27. Стеля над коридором та експедицією	10	7	23	0,143	0,043	0,202	0,041	0,06	0,49	0,35	
28. Стеля над допоміжними приміщеннями 6, 10	0	7	23	0,143	0,043	0,205	0,058	0,06	0,37	0,35	

6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

6.1 Теплопритоки через огорожувальні конструкції.

Розміри огорожень на плані і площу камер приймаємо по осям колон, висоту стін – на 1.2м вище відмітки низу будівельної балки, тобто 5.2м, площу дверного отвору в камерах приймаємо 6 м². Для визначення теплопритоків від сонячної радіації приймаємо орієнтацію будівлі машинним відділенням на південь.

Враховуємо, що стеля зовні світла (тобто $\Delta t_c = 14,9^\circ\text{C}$). Окрім цього розраховуємо теплоприпливи до експедиції та коридору як до однієї камери.

Розраховуємо теплопритік від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} , \text{ Вт}$$

$$Q_{1C} = K_a \cdot F \cdot \Delta t , \text{ Вт формула 9.7 (літ 1)}$$

Камера 1. Охолодження туш (-3°C)

Північна сторона

$$Q_{1T} = 0,294 \cdot 24 \cdot (-20 + 3) = -120 , \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0 , \text{ Вт}; \quad Q_1 = -120 + 0 = -120 , \text{ Вт}.$$

Південна сторона

$$Q_{1T} = 0,325 \cdot 24 \cdot (25 + 3) = 218 , \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0 , \text{ Вт}; \quad Q_1 = 218 + 0 = 218 , \text{ Вт}.$$

Західна сторона

$$Q_{1T} = 0,24 \cdot 96 \cdot (20 + 3) = 530 , \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0 , \text{ Вт}; \quad Q_1 = 530 + 0 = 530 , \text{ Вт}.$$

Східна сторона

$$Q_{1T} = 0,25 \cdot 96 \cdot (-35 + 3) = -768 , \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0 , \text{ Вт}; \quad Q_1 = -768 + 0 = -768 , \text{ Вт}.$$

Підлога

$$Q_{1T} = 0,41 \cdot 144 \cdot (1 + 3) = 236 , \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0 , \text{ Вт}; \quad Q_1 = 236 + 0 = 236 , \text{ Вт}.$$

Покриття

$$Q_{1T} = 0,28 \cdot 144 \cdot (32 + 3) = 1411 , \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0,28 \cdot 144 \cdot 14,9 = 601 , \text{ Вт}; \quad Q_1 = 1411 + 601 = 2012 , \text{ Вт}.$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру

$$Q_1 = -120 + 218 + 530 - 768 + 236 + 2012 = 2808, \text{ Вт}.$$

Огорожа	$k_{0T}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	F, м ²	$t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	$\Theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Камера №1 Охолодження туш баранини (-3°C)								
Північна стіна	0,294	24	-20	-17	-0,12	-	-	-0,12
Південна стіна	0,325	24	25	28	0,218	-	-	0,218
Західна стіна	0,24	96	20	23	0,53	-	-	0,53
Східна стіна	0,25	96	-35	-32	-0,768	-	-	-0,768
Підлога	0,41	144	1	4	0,236	-	-	0,236
Покрівля	0,28	144	32	35	1,411	14,9	0,601	2,012
Загалом:								2,108
Камера №2 Камера заморожування туш баранини (-35°C)								
Північна стіна	0,2	24	10	45	0,216	-	-	0,216
Південна стіна	0,257	24	25	60	0,37	-	-	0,37
Західна стіна	0,25	96	-3	32	0,768	-	-	0,768
Східна стіна	0,4	72	-20	15	0,632	-	-	0,632
	0,238	24	0	35				
Підлога	0,18	144	1	36	0,933	-	-	0,933
Покрівля	0,19	144	32	77	1,833	14,9	0,408	2,241
Загалом								5,16
Камера №3 Зберігання замороженої баранини (-20°C)								
Північна стіна	0,29	24	0	20	0,139	-	-	0,139
Південна стіна	0,257	24	25	45	0,278	-	-	0,278
Західна стіна	0,4	72	-20	-15	-0,432	-	-	-0,432
Східна стіна	0,38	48	0	0	0,144	-	-	0,144
	0,2	24	10	30				
Підлога	0,18	108	1	21	0,408	-	-	0,408
Покрівля	0,139	108	32	52	1,292	14,9	0,311	1,603
Загалом								2,14

Камера №4 Зберігання замороженої баранини (-20°C)								
Північна стіна	0,38	48	0	0	0,144	-	-	0,144
	0,2	24	10	30				
Південна стіна	0,202	72	20	40	0,582	-	-	0,582
Західна стіна	0,38	48	0	0	0	-	-	0
Східна стіна	0,202	24	20	40	0,338	-	-	0,338
	0,2	24	10	30				
Підлога	0,18	216	1	21	0,817	-	-	0,817
Покрівля	0,193	216	32	52	2,168	14,9	0,621	2,789
Загалом								4,67
Камера №5 Зберігання замороженої баранини (-20°C)								
Північна стіна	0,2	48	10	30	0,288	-	-	0,288
Південна стіна	0,38	48	0	0	0	-	-	0
Західна стіна	0,2	48	10	30	0,288	-	-	0,288
Східна стіна	0,2	48	10	30	0,288	-	-	0,288
Підлога	0,18	144	1	21	0,544	-	-	0,544
Покрівля	0,193	144	32	52	1,445	14,9	0,414	2,789
Загалом								4,197
Камера №6 Допоміжне приміщення (0°C)								
Північна стіна	0,38	24	10	10	0,091	-	-	0,091
Південна стіна	0,29	24	-20	-20	-0,139	-	-	-0,139
Західна стіна	0,238	24	-35	-35	-0,2	-	-	-0,2
Східна стіна	0,38	24	10	10	0,091	-	-	0,091
Підлога	0,41	36	1	1	0,015	-	-	0,015
Покрівля	0,35	36	32	32	0,403	14,9	0,188	0,591
Загалом								0,449
Камера №7 Зберігання субпродуктів (-20°C)								
Північна стіна	0,38	24	0	0	0	-	-	0
Південна стіна	0,294	24	-3	17	0,12	-	-	0,12
Західна стіна	0,202	24	20	40	0,194	-	-	0,194

Східна стіна	0,2	24	10	30	0,144	-	-	0,144
Підлога	0,18	36	1	21	0,136	-	-	0,136
Покрівля	0,193	36	32	53	0,361	14,9	0,104	0,465
Загалом								1,059
Камера №8 Зберігання замороженої курятини (-20°C)								
Північна стіна	0,4	48	-35	-15	-0,288	-	-	-0,288
Південна стіна	0,2	24	10	30	0,144	-	-	0,144
	0,38	24	0	0				
Західна стіна	0,202	24	20	40	0,194	-	-	0,194
Східна стіна	0,29	24	0	20	0,139	-	-	0,139
Підлога	0,18	72	1	21	0,272	-	-	0,272
Покрівля	0,193	72	32	52	0,723	14,9	0,207	0,93
Загалом								1,391
Камера №9 Заморожування курятини в швидкоморозильному апараті (-35°C)								
Північна стіна	0,163	72	32	67	0,786	-	-	0,786
Південна стіна	0,4	48	-20	15	0,488	-	-	0,488
	0,238	24	0	35				
Західна стіна	0,163	24	20	55	0,215	-	-	0,215
Східна стіна	0,4	24	-20	15	0,144	-	-	0,144
Підлога	0,18	108	1	36	0,7	-	-	0,7
Покрівля	0,19	108	32	67	1,375	14,9	0,306	1,681
Загалом								4,014
Камера №10 Допоміжне приміщення (0°C)								
Північна стіна	0,25	24	-35	-35	-0,21	-	-	-0,21
Південна стіна	0,38	24	10	10	0,091	-	-	0,091
Західна стіна	0,29	24	-20	-20	-0,139	-	-	-0,139
Східна стіна	0,29	24	-20	-20	-0,139	-	-	-0,139
Підлога	0,41	36	1	1	0,015	-	-	0,015
Покрівля	0,35	36	32	52	0,655	14,9	0,188	0,843
Загалом								0,461

Камера №11 Зберігання замороженої курятини (-20°C)								
Північна стіна	0,23	24	32	52	0,287	-	-	0,287
Південна стіна	0,2	24	10	30	0,144	-	-	0,144
Західна стіна	0,29	24	0	0	-0,005	-	-	-0,005
	0,4	24	-35	-15				
Східна стіна	0,38	48	-20	0	0	-	-	0
Підлога	0,18	72	1	21	0,272	-	-	0,272
Покрівля	0,193	72	32	52	0,723	-	-	0,723
Загалом								1,421
Камера №12 Зберігання замороженої курятини (-20°C)								
Північна стіна	0,23	24	32	52	0,287	-	-	0,287
Південна стіна	0,2	24	10	30	0,144	-	-	0,144
Західна стіна	0,38	48	-20	0	0	-	-	0
Східна стіна	0,38	48	-20	0	0	-	-	0
Підлога	0,18	72	1	21	0,272	-	-	0,272
Покрівля	0,193	72	32	52	0,723	14,9	0,207	0,93
Загалом								1,633
Камера №13 Зберігання замороженої курятини (-20°C)								
Північна стіна	0,23	24	32	52	0,287	-	-	0,287
Південна стіна	0,2	24	10	30	0,144	-	-	0,144
Західна стіна	0,38	48	-20	0	0	-	-	0
Східна стіна	0,2	48	10	30	0,288	-	-	0,288
Підлога	0,18	72	1	21	0,272	-	-	0,272
Покрівля	0,193	72	32	52	0,723	14,9	0,207	0,93
Загалом								1,921
Експедиція та коридор (10°C)								
Північна стіна	0,39	24	32	22	-0,461	-	-	-0,461
	0,2	96	-20	-30				
	0,38	24	0	-10				
Південна стіна	0,39	24	20	10	-0,646	-	-	-0,646

	0,2	72	-20	-30				
	0,38	24	0	-10				
	0,2	24	-35	-45				
Західна стіна	0,38	24	0	-10	-0,955	-	-	-0,955
	0,2	144	-20	-30				
Східна стіна	0,39	120	32	22	0,742	6	0,337	1,285
	0,2	48	-20	-30				
Підлога	0,47	84	32	22	1,904	-	-	1,904
	0,23	84						
	0,12	84						
	0,07	252						
Покрівля	0,35	432	32	22	3,326	14,9	2,253	5,579
Загалом								6,706

6.2 Розраховуємо теплопритік при термічній обробці продуктів

Розрахунок здійснюємо за формулою:

$$Q_2 = Q_{2i} + Q_{2T}, \text{ кВт}$$

де Q_{2i} - теплопритік від продуктів, кВт;

Q_{2T} - теплопритік від тари, кВт.

Знаходимо теплопритік від продуктів за формулою:

$$Q_{2II} = M_{\partial} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт} - \text{при дозаморожуванні та доохолодженні}$$

продуктів в камерах зберігання

$$Q_{2II} = 1,3 \cdot M_{np} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт} - \text{при холодильній обробці в камерах}$$

охолодження і заморожування періодичної дії,

де 1,3 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність теплового навантаження

\dot{I}_{∂} - добове надходження продукту в камеру, $\partial / \text{год}$;

i_k - ентальпія продукту при надходженні в камеру, $\text{кДж} / \text{кг}$;

t_3 - ентальпія продукту після холодильної обробки, kJ/kg ;

τ - час холодильної обробки, год/дів.

Знаходимо теплопритік від тари за формулою:

$$Q_{2T} = M_{\text{om}} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт}$$

де $\dot{I}_{\text{до}}$ - добове надходження тари в камеру, т/доб ;

t_i - температура тари при надходженні в камеру, °C ;

t_3 - температура тари після холодильної обробки, °C ;

τ - час холодильної обробки, год/дів ;

C_T - теплоємність тари, $\text{kJ/(kg} \cdot \text{°C)}$.

Теплоємність металевого стоячого піддону 0,5 $\text{kJ/(kg} \cdot \text{°C)}$

Теплоємність полімерного ящика 0,9 $\text{kJ/(kg} \cdot \text{°C)}$

Масу тари приймаємо як 10% від маси продукту.

Камера охолодження баранини №1

$$Q_{2П} = 1,3 \cdot 27 \cdot (334 - 233,15) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 40,97, \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0, \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 40,97 + 0 = 40,97, \text{ кВт}.$$

Камера заморожування баранини №2

$$Q_{2П} = 1,3 \cdot 27 \cdot (233,15 - 38,5) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 79,08, \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0, \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 79,08 + 0 = 79,08, \text{ кВт}.$$

Камера зберігання баранини №3

$$Q_{2П} = 6 \cdot (38,5 - 4,6) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 2,354, \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,6 \cdot 0,5 \cdot (-8 + 18) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,035 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 2,354 + 0,035 = 2,4 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання баранини №4

$$Q_{2П} = 13 \cdot (38,5 - 4,6) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 5,1 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 1,3 \cdot 0,5 \cdot (-8 + 18) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,075 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 5,1 + 0,075 = 5,175 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання баранини №5

$$Q_{2П} = 8 \cdot (38,5 - 4,6) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 3,14 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,8 \cdot 0,5 \cdot (-8 + 18) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,046 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 3,14 + 0,046 = 3,186 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання субпродуктів №7

$$Q_{2П} = 4 \cdot (348 - 5) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 15,88 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,4 \cdot 0,9 \cdot (25 + 18) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,18 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 15,88 + 0,18 = 16,06 \text{ , кВт}.$$

Камера заморожування курятини №9

$$Q_{2П} = 1,3 \cdot 9 \cdot (345 - 13) \cdot \frac{1000}{8 \cdot 3600} = 134,875 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 0 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 134,875 + 0 = 134,875 \text{ , кВт}.$$

Камери зберігання курятини №8,11,12,13

Для кожної камери

$$Q_{2П} = 2,25 \cdot (13 - 4,6) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,219 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,225 \cdot 0,9 \cdot (-15 + 18) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,007 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 0,219 + 0,007 = 0,226 \text{ , кВт}$$

Номер камери	$t_{\text{кам}}$	$M_{\text{пр}}$	M_{T}	$t_{\text{п}}$	$t_{\text{к}}$	$i_{\text{п}}$	$i_{\text{к}}$	C_{T}	τ ,	$Q_{2\text{п}}$	$Q_{2\text{T}}$	Q_2
	$^{\circ}\text{C}$	т/до б	т/доб	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	кДж/к г	кДж/кг	кДж/ кг·К	год	кВт	кВт	кВт
Камера №1	-3	27	-	35	3	334	233,15	-	24	40,97	-	40,97
Камера №2	-35	27	-	3	-8	233,15	38,5	-	24	79,08	-	79,08
Камера №3	-20	6	0,6	-8	-18	38,5	4,6	0,5	24	2,354	0,035	2,4
Камера №4	-20	13	1,3	-8	-18	38,5	4,6	0,5	24	5,1	0,075	5,175
Камера №5	-20	8	0,8	-8	-18	38,5	4,6	0,5	24	3,14	0,046	3,186
Камера №7	-20	4	0,4	25	-18	348	5	0,9	24	15,88	0,18	16,06
Камера №8	-20	2,25	0,225	-15	-18	13	4,6	0,9	24	0,219	0,007	0,226
Камера №9	-35	9	-	35	-15	345	13	-	8	134,88	-	134,88
Камера №11	-20	2,25	0,225	-15	-18	13	4,6	0,9	24	0,219	0,007	0,226
Камера №12	-20	2,25	0,225	-15	-18	13	4,6	0,9	24	0,219	0,007	0,226
Камера №13	-20	2,25	0,225	-15	-18	13	4,6	0,9	24	0,219	0,007	0,226
Номер камери	F_d	A	q₁	n	q₂	N_{ел}	q₃	K	q₄	Q₄		

	м ²	Вт/м ²	Вт	чол	Вт	кВт	Вт	Вт/м ²	Вт	Вт
Камера №1	144	4,7	677	3	1050	6	6000	12	1728	9455
Камера №2	144	4,7	677	3	1050	12	12000	15	6887	15887
Камера №3	108	2,3	248	3	1050	3	3000	12	130	5594
Камера №4	216	2,3	500	3	1050	3	3000	8	1730	6275
Камера №5	144	2,3	331	3	1050	3	3000	12	1730	6109
Камера №6	36	4,7	170	3	1050	3	3000	78	2808	7027
Камера №7	36	2,3	83	3	1050	3	3000	22	792	4925
Камера №8	72	2,3	166	3	1050	3	3000	12	864	5080
Камера №9	108	4,7	508	3	1050	12	12000	15	1620	15177
Камера №10	36	4,7	0,17	3	1050	3	3000	78	2808	7027
Камера №11	72	2,3	170	3	1050	3	3000	12	864	5080
Камера №12	72	2,3	170	3	1050	3	3000	12	864	5080
Камера №13	72	2,3	170	3	1050	3	3000	12	864	5080
Експедиція	432	4,7	2030	4	1400	3	3000	20	8640	15070

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення
ХОЛОДИЛЬНИКА:

Назва приміщення	t _{ка} м °C	t ₀ °C	Q ₁ , кВт	Q ₂ , кВт	Q ₄ , кВт	Q, кВт
Охолодження туш баранини (№1)	-3	-10	2,108	40,97	9, 455	52,533
Допоміжне приміщення (№6)	0	-10	0,449	-	7, 027	7,476
Допоміжне приміщення (№10)	0	-10	0,461	-	7, 027	7,488
Σ=			3,02	40,97	23,51	67,5
Заморожування туш баранини (№2)	-35	-45	5,16	79,08	15,887	100,13
Заморожування курятини (№9)	-35	-45	4,014	134,88	15,177	154,071
Σ=			9,174	213,96	31,064	254,2
Камера зберігання баранини (№3)	-20	-28	2,14	2,4	5, 594	10,134
Камера зберігання баранини (№4)	-20	-28	4,67	5,175	6,	16,12

					275	
Камера зберігання баранини (№5)	-20	-28	4,197	3,186	109 ^{6,}	13,492
Камера зберігання субпродуктів (№7)	-20	-28	1,059	16,06	925 ^{4,}	22,044
Камера зберігання курятини (№8)	-20	-28	1,391	0,226	08 ^{5,}	6,697
Камера зберігання курятини (№11)	-20	-28	1,421	0,226	08 ^{5,}	6,727
Камера зберігання курятини (№12)	-20	-28	1,633	0,226	08 ^{5,}	6,939
Камера зберігання курятини (№13)	-20	-28	1,931	0,226	08 ^{5,}	7,227
Σ=			18,442	27,725	43,223	89,39
Коридор та експедиція	+10	+3	6,706	-	15,07	21,776
Σ=			6,706	-	15,07	21,776

7. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори.

Навантаження на компресор розраховуємо по наближеному методу рекомендованому для холодильників з великою кількістю камер (споживачів холоду) ст.62 (літ.1)

Навантаження на компресор від теплопритоку через огороження приймають:

$$Q_{1KM} = 0,9 \cdot Q_1; \text{ - для всіх камер}$$

Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{2KM} = Q_2 \text{ - для камер термообробки, } \hat{A}\hat{\delta};$$

$$Q_{2KM} = 0,5 \cdot Q_2 \text{ - для камер зберігання заморожених вантажів, } \hat{A}\hat{\delta}.$$

Навантаження на компресор від експлуатаційних теплопритоків приймають:

$$Q_{4KM} = 0,75 \cdot Q_4 \text{ - для всіх камер, } \hat{A}\hat{\delta}.$$

Розрахункову холодопродуктивність для підбору компресорів (на кожену температуру кипіння окремо) визначають по формулі:

$$Q = k \cdot \Sigma Q_{KM}, \hat{A}\hat{\delta}$$

де k - коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах і апаратах холодильної установки і має різне значення для різних температур кипіння ст.62 (літ.1)

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

$$t_0 = -45^\circ\text{C}$$

$$\Sigma Q_{-45} = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,5 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 9,174 + 213,96 + 0,5 \cdot 31,064 = 237,75 \text{ } \hat{A}\hat{\delta};$$

$$Q_{-45} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{KM} = 1,1 \cdot 237,75 = 261,525 \text{ } \hat{A}\hat{\delta}$$

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

$$t_0 = -28^\circ\text{C}$$

$$\Sigma Q_{-30} = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + 0,7 \cdot \Sigma Q_2 + 0,75 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 18,442 + 0,7 \cdot 27,725 + 0,5 \cdot 43,233 = 57,62 \text{ } \hat{A}\hat{\delta};$$

$$Q_{-30} = 1,07 \cdot \Sigma Q_{KM} = 1,07 \cdot 57,62 = 61,653 \text{ } \hat{A}\hat{\delta}$$

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

$$t_0 = -10^\circ\text{C}$$

$$\Sigma Q_{-10} = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,75 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 3,02 + 40,97 + 0,5 \cdot 23,51 = 55,443 \text{ } \acute{e}\hat{A}\acute{o} \text{ ;}$$

$$Q_{-10} = 1,05 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1,05 \cdot 55,443 = 58,22 \text{ } \acute{e}\hat{A}\acute{o}$$

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

$$t_0 = +3^{\circ}\text{C}$$

$$\Sigma Q_0 = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,75 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 6,706 + 0 + 0,5 \cdot 15,07 = 13,57 \text{ } \acute{e}\hat{A}\acute{o} \text{ ;}$$

$$Q_0 = 1,05 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1,05 \cdot 13,57 = 14,25 \text{ } \acute{e}\hat{A}\acute{o}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці:

t_0	k_1	$\Sigma Q_1,$ кВт	k_2	$\Sigma Q_2,$ кВт	k_3	$\Sigma Q_4,$ кВт	$\Sigma Q,$ кВт	k	Q кВт
-45	0,9	9,174	1	213,96	0,5	31,064	237,75	1,1	261,525
-28	0,9	18,442	0,7	27,725	0,5	43,233	57,62	1,07	61,653
-10	0,9	3,02	1	40,97	0,5	23,51	55,443	1,05	58,22
+3	0,9	6,706	1	0	0,5	15,07	13,57	1,05	14,25

8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.

В даному дипломному проєкті джерелом холодопостачання обрана централізована система охолодження з холодильним агентом – аміак. На великих холодильниках місткістю 1000 т і більше з аміачними системами охолодження використовують централізоване холодопостачання з розміщенням в загальному машинному відділенні компресорів, які працюють на різні температури кипіння. Концентрація обладнання в загальному залі полегшує його обслуговування і огляд на протязі робочого дня, якщо потребується постійне спостереження. Система охолодження має безпосереднє охолодження камер. Така система більш економічна в порівнянні з системою з проміжним холодоносієм завдяки невеликому перепаду між температурою в камері та температурою кипіння холодильного агента, а зниження перепаду температури на 5°C зменшує витрату електроенергії на 15%.

Застосовуємо насосно-циркуляційну схему з 2 компаундними та 1 циркуляційним ресивером. До цієї схеми додатково включена схема з «сухим випарником» на одну температуру кипіння. Основна причина переходу на насосно-циркуляційну схему становить в тому, що при охолодженні 5 – 6 камер і більше потребується велика кількість регуляторів заповнення (наприклад ТРВ), що не тільки здорожує установку, але й знижує її надійність.

Дана холодильна установка є двоступеневою з 4 температурами кипіння.

Охолодження камер здійснюється через повітроохолодники, що дає змогу зменшити металоємність в порівнянні з батарейним охолодженням. Також в даному проєкті використовуються конденсатори з водяним охолодження через оборотне водопостачання. Охолодження мастила відбувається за допомогою води.

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

Розрахунковий (робочий) режим ХУ характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування $t_{вс}$, і переохолодження $t_{по}$.

При проектуванні ХУ з безпосереднім охолодженням аміачними ХМ t_0 приймають на $5...10^\circ\text{C}$ нижче температури повітря в камері:

температура кипіння в експедиції та коридорі:

$$t_{0\text{експ}} = t_{\text{експ}} - (5...10)^\circ\text{C} = 10 - 7 = 3^\circ\text{C}$$

температура кипіння в допоміжних приміщеннях та в камері охолодження

$$t_{0\text{зам}} = t_{\text{доп}} - (5...10)^\circ\text{C} = 0 - 10 = -10^\circ\text{C}$$

температура кипіння в камерах зберігання м'яса.

$$t_{0\text{зб}} = t_{\text{зб}} - (5...10)^\circ\text{C} = -20 - 8 = -28^\circ\text{C}$$

температура кипіння в камерах замороження.

$$t_{0\text{зам}} = t_{\text{зам}} - (5...10)^\circ\text{C} = -35 - 10 = -45^\circ\text{C}$$

Для охолодження оборотної води використовується градирня. Годі конденсатори - горизонтальні кожухотрубні теплообмінники. Параметри зовнішнього повітря наступні:

середня температура повітря $7,0^\circ\text{C}$,

розрахункова літня температура 32°C ,

розрахункова зимова температура -23°C ,

відносна вологість влітку 47% ,

відносна вологість взимку 81% .

Визначаємо температуру оборотної води на виході з градирні (як температуру мокрого термометра, див. діаграму вологого повітря) – $t_m = 23^\circ\text{C}$. Температура води, що поступає на конденсатор, приблизно на 3°C вища, ніж температура мокрого термометру, тобто $t_{\omega 1} = 26^\circ\text{C}$.

Приймаю, що вода в конденсаторі нагріється на $\Delta t=4^{\circ}\text{C}$ (§11.1 літ. 1). Тоді температура на виході з конденсатора дорівнює:

$$t_{\omega 2}=t_{\omega 1}+\Delta t=26+4=30^{\circ}\text{C}.$$

В такому випадку температура конденсації буде вища на $2\dots 4^{\circ}\text{C}$, приймаємо 4°C , тобто $t_{\kappa}=34^{\circ}\text{C}$. Переохолодження рідкого аміаку в конденсаторі приймаємо на 2°C .

За діаграмою $\lg p - h$ визначаємо тиски котрі відповідають прийнятим температурам:

для температури кипіння в експедиції та коридорі $p_{0\text{експ}}=4,8$ бар

для температури кипіння в допоміжних приміщеннях та камері охолодження $p_{0\text{доп}}=2,9$ бар

для температури кипіння в камерах зберігання м'яса $p_{0\text{зб}}=1,3$ бар,

для температури кипіння в камерах замороження $p_{0\text{зам}}=0,55$ бар,

для тиску конденсації $p_{\kappa}=13,2$ бар.

Визначимо, яку машину (одно або двоступеневу) потрібно для кожної температури кипіння:

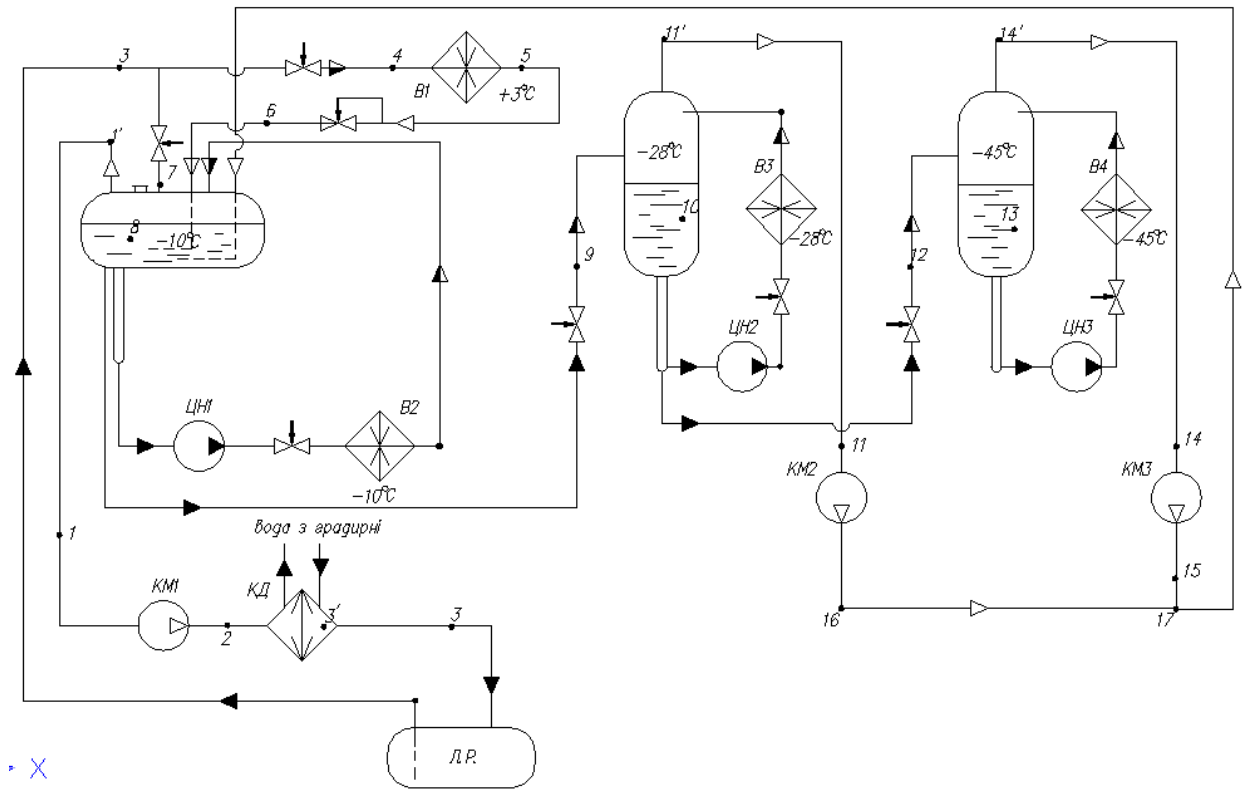
експедиція $p_{\kappa}/p_{0\text{експ}}=13,2/4,8=2,75$ – одноступенева машина

допоміжні приміщення №6, №10 $p_{\kappa}/p_{0\text{доп}}=13,2/2,9=4,55$

камера зберігання $p_{\kappa}/p_{0\text{зб}}=13,2/1,3=10,15$ – двоступенева машина

камера замороження $p_{\kappa}/p_{0\text{зам}}=13,2/0,55=24$ – двоступенева машина.

Розрахункову схему холодильної машини зображено на (мал. 2). Потім за даною схемою будуємо цикл (мал. 3) та визначаємо параметри характерних точок.



Мал. 2. Розрахункова схема холодильної машини.

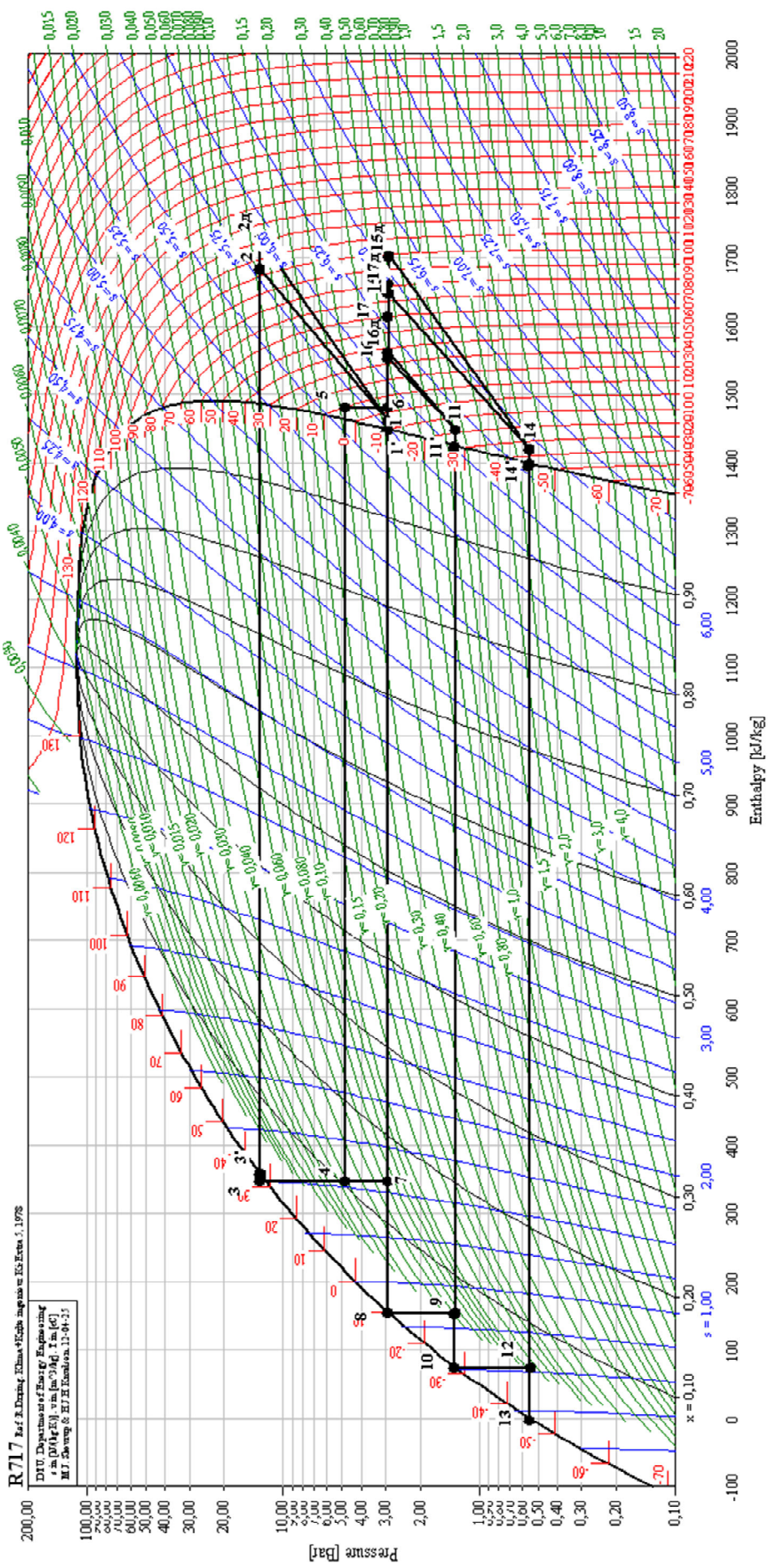


Табл.3. Параметри робочих точок циклу.

№ точки	Температура, °С	Тиск, бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м ³ /кг
1'	-10	2,9	1449	0,42
1	-5	2,9	1462	0,428
2	105	13,2	1686	0,132
2 ^o	120	13,2	1686	0,132
3'	34	13,2	358	-
3	32	13,2	348	-
4	3	4,8	348	0,03
5	10	4,8	1483	0,268
6	4	2,9	1483	0,444
7	-10	2,9	348	0,064
8	-10	2,9	155	-
9	-28	1,3	155	0,053
10	-28	1,3	75	-
11'	-28	1,3	1425	0,884
11	-18	1,3	1448	0,92
12	-45	0,55	75	0,11
13	-45	0,55	-2	-
14'	-45	0,55	1400	1,98
14	-35	0,55	1421	2,08
15	75	2,9	1650	0,575
15 ^o	100	2,9	1700	0,62
16	33	2,9	1553	0,5
16 ^o	38	2,9	1564	0,51
17	68	2,9	1626	0,569
17 ^o	82	2,9	1667	0,59

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту, яка необхідна для створення заданої холодопродуктивності:

$$M_{(-45)} = \frac{\sum Q_{-45}}{(h_{14'} - h_{13})} = \frac{261,525}{(1400 + 2)} = 0,187 \frac{\text{кДж}}{\text{с}};$$

$$M_{(-28)} = \frac{\sum Q_{-28}}{(h_{11'} - h_{10})} = \frac{61,653}{(1425 - 75)} = 0,046 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

$$M_{(-10)} = \frac{\sum Q_{-10}}{(h_{1'} - h_8)} = \frac{58,22}{(1449 - 155)} = 0,045 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

$$M_{(+3)} = \frac{\sum Q_0}{(h_5 - h_4)} = \frac{14,25}{(1483 - 348)} = 0,013 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Знаходимо індикаторний ККД для визначення реальних точок стиснення та реальної маси холодильного агента, що проходить через компресори:

$$1) \eta_{i-10} = \lambda_{w1} + b \cdot t_{-10};$$

$$b = 0,001;$$

$$\lambda_{w1} = \frac{T_0}{T_\kappa} = \frac{(273 - 10)}{273 + 34} = 0,857$$

$$\eta_{i-10} = 0,857 + 0,001 \cdot (-10) = 0,847;$$

$$2) \eta_{i-28} = \lambda_{w2} + b \cdot t_{-28};$$

$$b = 0,001;$$

$$\lambda_{w2} = \frac{T_0}{T_\kappa} = \frac{(273 - 28)}{273 - 10} = 0,932$$

$$\eta_{i-28} = 0,932 + 0,001 \cdot (-30) = 0,902$$

$$3) \eta_{i-45} = \lambda_{w3} + b \cdot t_{-45};$$

$$\lambda_{w3} = \frac{T_0}{T_\kappa} = \frac{(273 - 45)}{273 - 10} = 0,867$$

$$b = 0,001;$$

$$\eta_{i-45} = 0,867 + 0,001 \cdot (-45) = 0,822;$$

Сумарна масова витрата х.а. через КМ 3:

$$M_{\text{км3}} = \frac{M_{-45}}{1 - X_{12}} = \frac{0,187}{1 - 0,054} = 0,198 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Сумарна масова витрата х.а. через КМ 2:

Складаємо тепловий баланс компаундного ресивера з температурою кипіння $t_0 = -28^\circ\text{C}$

$$M_{\text{км2}} = \frac{m_2}{1 - X_9} + \frac{M_{\text{км3}}}{1 - X_9} \cdot X_9 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$m_2 = \frac{M_{(-28)}}{1 - X_9} = \frac{0,046}{1 - 0,06} = 0,049 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{\text{км2}} = \frac{m_2}{1 - X_9} + \frac{M_{\text{км3}}}{1 - X_9} \cdot X_9 = \frac{0,049}{1 - 0,06} + \frac{0,193}{1 - 0,06} \cdot 0,06 = 0,064 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Знаходимо параметри точки змішування 17 після 2 та 3 компресорів:

$$h_{17} = \frac{M_{км2} \cdot h_{16} + M_{км3} \cdot h_{15}}{M_{км2} + M_{км3}} = \frac{0,064 \cdot 1553 + 0,198 \cdot 1650}{0,064 + 0,198} = 1626 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Знаходимо реальні точки стиснення після компресорів:

$$\text{Після КМ 1: } h_{2^o} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_{i-10}} = 1462 + \frac{1686 - 1462}{0,847} = 1726 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\text{Після КМ 2: } h_{16^o} = h_{11} + \frac{h_{16} - h_{11}}{\eta_{i-28}} = 1448 + \frac{1553 - 1448}{0,902} = 1564 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\text{Після КМ 3: } h_{15^o} = h_{14} + \frac{h_{15} - h_{14}}{\eta_{i-45}} = 1421 + \frac{1650 - 1421}{0,822} = 1700 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Реальна точка змішування двох потоків після компресорів КМ 2 та КМ 3:

$$h_{17^o} = \frac{M_{км2} \cdot h_{16^o} + M_{км3} \cdot h_{15^o}}{M_{км2} + M_{км3}} = \frac{0,064 \cdot 1564 + 0,198 \cdot 1700}{0,064 + 0,198} = 1667 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Сумарна масова витрата х.а. в КМ 1:

Знаходимо витрату х.а. через КМ 1 склавши тепловий баланс компаундного ресивера з $t_0 = -10^\circ\text{C}$

$$M_{км1} = \frac{(M_{км2} + M_{км3}) \cdot (h_{17^o} - h_8) + M_{-10} \cdot (h_{11} - h_8) + M_{+3} \cdot h_6}{h_{11} - h_7} = \frac{(0,064 + 0,198) \cdot (1667 - 155) + 0,045 \cdot (1449 - 155) + 0,013 \cdot 1483}{1449 - 348} = 0,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресорів знайдемо коефіцієнт подачі:

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі.

Для КМ1:

$$\lambda_{i1} = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_{вс}} - c \cdot \left[\left(\frac{P_n + \Delta P_n}{P_{вс}} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{вс})}{P_{вс}} \right];$$

$\dot{v} = 0,02$ – відносний мертвий простір;

$n = 1,1$ – показник політропи;

$\Delta P_{вс} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 2,9 = 0,058$ бар - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{наг} = 0,03 \cdot P_k = 0,03 \cdot 13,2 = 0,394$ бар - депресія на нагнітанні;

$$\lambda_{i1} = \frac{2,9 - 0,058}{2,9} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{13,2 + 0,394}{2,9} \right)^{1,1} - \frac{(2,9 - 0,058)}{2,9} \right] = 0,918;$$

$$\lambda_{w1} = \frac{T_0}{T_\kappa} = \frac{(273 + (-10))}{273 + 34} = 0,857;$$

$$\lambda_1 = \lambda_{i1} \cdot \lambda_{w1} = 0,918 \cdot 0,857 = 0,786.$$

Для КМ2:

$$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 1,3 = 0,026 \text{ бар - депресія на всмоктуванні};$$

$$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot P_\kappa = 0,03 \cdot 2,9 = 0,087 \text{ бар - депресія на нагнітанні};$$

$$\lambda_{i2} = \frac{1,3 - 0,026}{1,3} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{2,9 + 0,087}{1,3} \right)^{1,1} - \frac{(1,3 - 0,026)}{1,3} \right] = 0,957;$$

$$\lambda_{w2} = \frac{T_0}{T_\kappa} = \frac{(273 + (-28))}{273 - 10} = 0,932;$$

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \cdot \lambda_{w2} = 0,957 \cdot 0,932 = 0,89.$$

Для КМ3:

$$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 0,55 = 0,011 \text{ бар - депресія на всмоктуванні};$$

$$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot P_\kappa = 0,03 \cdot 2,9 = 0,087 \text{ бар - депресія на нагнітанні};$$

$$\lambda_{i3} = \frac{0,55 - 0,011}{0,55} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{2,9 + 0,087}{0,55} \right)^{1,1} - \frac{(0,55 - 0,011)}{0,55} \right] = 0,906$$

$$\lambda_{w3} = \frac{T_0}{T_\kappa} = \frac{(273 + (-45))}{273 - 10} = 0,866;$$

$$\lambda_3 = \lambda_{i3} \cdot \lambda_{w3} = 0,906 \cdot 0,866 = 0,785.$$

Знаходимо необхідну теоретичну об'ємну продуктивність компресора:

$$V_{\text{км1}} = \frac{M_{\text{км1}} \cdot \nu_1}{\lambda_1} = \frac{0,43 \cdot 0,428}{0,786} = 0,234 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$V_{\text{км2}} = \frac{M_{\text{км2}} \cdot \nu_{11}}{\lambda_2} = \frac{0,064 \cdot 0,92}{0,89} = 0,066 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

$$V_{км3} = \frac{M_{км3} \cdot U_{14}}{\lambda_3} = \frac{0,198 \cdot 2,08}{0,785} = 0,524 \frac{м^3}{с}$$

Для $V_{км1}$ обираємо 2 компресорні агрегати Grasso 610 об'ємною продуктивністю $V_1 = 0,1208 \frac{м^3}{с}$.

Характеристики компресорного агрегату Grasso 610:

Марка компресора	Grasso 610
Число циліндрів, шт	6
Теоретична об'ємна продуктивністькомпресора V, м ³ /год	435
Діаметр циліндра, мм	110
Хід поршня, мм	85
Частота обертання, об/хв	1500
Діаметр всмоктуючого патрубку, мм	80
Діаметр нагнітаючого патрубку, мм	65
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	1105
- ширина	888
- висота	815
Маса, кг	730

Загальна продуктивність компресорів:

$$\sum V_{-10} = n \cdot V_{-10} = 2 \cdot 0,1208 = 0,2416 \frac{м^3}{с};$$

Для $V_{км2}$ обираємо 2 компресорні агрегати Grasso 210 об'ємною продуктивністю $V_1 = 0,0403 \frac{м^3}{с}$.

Характеристики компресорного агрегату Grasso 210:

Марка компресора	Grasso 210
Число циліндрів, шт	2

Теоретична об'ємна продуктивність компресора V, м ³ /год	145
Діаметр циліндра, мм	110
Хід поршня, мм	85
Частота обертання, об/хв	1500
Діаметр всмоктуючого патрубку, мм	50
Діаметр нагнітаючого патрубку, мм	32
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	925
- ширина	536
- висота	765
Маса, кг	420

Загальна продуктивність компресорів:

$$\sum V_{-28} = 2 \cdot V_{-28} = 2 \cdot 0,0403 = 0,0806 \frac{M^3}{c};$$

Для $V_{км3}$ обираємо 2 компресорні агрегати Grasso V1100 об'ємною продуктивністю $V_1 = 0,2653 \frac{M^3}{c}$.

Загальна продуктивність компресорів:

$$\sum V_{-45} = n \cdot V_{-45} = 2 \cdot 0,2653 = 0,5305 \frac{M^3}{c};$$

Характеристики компресорного агрегату Grasso V1100 :

Марка компресора	Grasso V1100
Число циліндрів, шт	6
Теоретична об'ємна продуктивність компресора V, м ³ /год	955
Діаметр циліндра, мм	160
Хід поршня, мм	110
Частота обертання, об/хв	1200
Діаметр всмоктуючого патрубку, мм	125

Діаметр нагнітаючого патрубку, мм	100
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	1304
- ширина	1072
- висота	1013
Маса, кг	1150

Дійсна масова витрата холодоагента в компресорах:

$$M_{-10} = \frac{\lambda_1 \cdot \sum V_{-10}}{\nu_1} = \frac{0,786 \cdot 0,2416}{0,428} = 0,443 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{-28} = \frac{\lambda_2 \cdot \sum V_{-30}}{\nu_{11}} = \frac{0,89 \cdot 0,0806}{0,92} = 0,078 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{-45} = \frac{\lambda_3 \cdot \sum V_{-45}}{\nu_{14}} = \frac{0,785 \cdot 0,5305}{2,08} = 0,2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Адіабатна потужність:

$$N_{A-10} = M_{\text{км1}} \cdot (h_2 - h_1) = 0,443 \cdot (1686 - 1462) = 99,2 \text{ кВт};$$

$$N_{A-28} = M_{\text{км2}} \cdot (h_{16} - h_{11}) = 0,078 \cdot (1553 - 1448) = 8,19 \text{ кВт};$$

$$N_{A-45} = M_{\text{км3}} \cdot (h_{15} - h_{14}) = 0,2 \cdot (1650 - 1421) = 45,8 \text{ кВт}.$$

Індикаторна потужність:

$$N_{i-10} = \frac{N_{A-10}}{\eta_{i-10}} = \frac{99,2}{0,847} = 117,12 \text{ кВт};$$

$$N_{i-28} = \frac{N_{A-28}}{\eta_{i-28}} = \frac{8,19}{0,902} = 9,08 \text{ кВт};$$

$$N_{i-45} = \frac{N_{A-45}}{\eta_{i-45}} = \frac{45,8}{0,822} = 55,72 \text{ кВт}.$$

Знаходимо потужність на валу компресора:

$$N_{e-10} = \frac{N_{i-10}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{117,12}{0,9} = 130,13 \text{ кВт};$$

$$N_{e-28} = \frac{N_{i-28}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{9,08}{0,9} = 10,09 \text{ кВт};$$

$$N_{e-45} = \frac{N_{i-45}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{55,72}{0,9} = 62 \text{ кВт}.$$

Визначаємо електричну потужність електродвигуна:

$$N_{э-10} = \frac{N_{e-10}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{130,13}{0,95} = 137 \text{ кВт};$$

$$N_{э-28} = \frac{N_{e-28}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{10,09}{0,95} = 10,62 \text{ кВт};$$

$$N_{э-45} = \frac{N_{e-45}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{62}{0,95} = 65,26 \text{ кВт}.$$

За розрахованими електричними потужностями обираємо двигуни для даних компресорів:

Для КМ1:

$$N_{э} = 1,1 \cdot \frac{137}{2} = 75,35 \text{ Вт}$$

Для КМ2:

$$N_{э} = 1,1 \cdot \frac{10,62}{2} = 5,84 \text{ Вт}$$

Для КМ3:

$$N_{э} = 1,1 \cdot \frac{65,26}{2} = 35,9 \text{ Вт}$$

Технічні характеристики електродвигунів для компресорів

	Grasso 610	Grasso 210	Grasso V1100
Серія	4A250S4Y3	4A132S4Y3	4A200M4Y3
Синхронна частота обертання, об/хв	1500	1500	1500
P _н , кВт	75	7,5	37
ККД, %	93	87,5	91,0
cosφ	0,9	0,86	0,9
M _п /M _н	1,2	2,2	1,4
M _{max} /M _н	2,3	3	2,5
M _{min} /M _н	1	1,7	1
I _{п/н}	7	7,5	7

Розраховуємо дійсне навантаження на конденсатор:

$$Q_K = M_{\text{км1}} \cdot (h_{2^0} - h_3) = 0,443 \cdot (1726 - 348) = 610,5 \text{ кВт}.$$

10. Вибір теплообмінного обладнання та тепломасообмінних апаратів.

10.1 Розрахунок і вибір кожухотрубного вертикального конденсатора.

Розраховуємо середню логарифмічну різницю температур між холодильним агентом, що конденсується і охолоджуючим середовищем (оборотною водою):

$$\Delta t = \frac{t_{\omega 2} - t_{\omega 1}}{\ln\left(\frac{t_k - t_{\omega 1}}{t_k - t_{\omega 2}}\right)} = \frac{30 - 26}{\ln\left(\frac{34 - 26}{34 - 30}\right)} = 5,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_{\text{кд}}}{k_k \cdot \Delta t} = \frac{610,5 \cdot 10^3}{800 \cdot 5,8} = 132 \text{ } \text{м}^2;$$

k_k - коефіцієнт теплопередачі для кожухотрубного аміачного конденсатора;

Вибираємо 1 кожухотрубних горизонтальних конденсаторів марки , площа теплопередачі яких $F_{\text{кд}} = \text{м}^2$.

Знаходимо витрату охолоджувальної води на конденсатор:

$$V_{\text{ок}} = \frac{Q_{\text{кд}}}{c_{\omega} \cdot \rho_{\omega} \cdot \Delta t_{\text{ок}}} = \frac{610,5}{4,19 \cdot 1000 \cdot 4} = 0,0364 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Обираємо два кожухотрубних вертикальних конденсатора AKS 150 Guntner з площею теплообміну 150 м^2 кожний, з яких 1 робочий, а другий резервний

10.2 Розрахунок і вибір повітроохолодників.

Камера №1

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{км3}} = 52,533 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{\text{км1}}}{k_{\text{ок}} \cdot \Delta t} \text{ } \text{м}^2;$$

$$\Delta t = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$k_{\text{ок}} = 14 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ - коефіцієнт теплопередачі для аміачного повітроохолодника

$$F = \frac{52533}{14 \cdot 7} = 536 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 081B/212 кубічний 2 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 2 \cdot 265,7 = 531,4 \text{ м}^2$$

Камера №2

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 100,13 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{100,13 \cdot 1000}{14 \cdot 10} = 715,4 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 081C/310 кубічний 2 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 2 \cdot 353,1 = 706,2 \text{ м}^2$$

Камера №3

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 10,134 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{10134}{12,5 \cdot 8} = 101,34 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 051C/17 стельовий 2 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 2 \cdot 50,9 = 101,8 \text{ м}^2$$

Камера №4

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 16,12 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{16120}{12,5 \cdot 8} = 161,2 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 046C/17 4 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 4 \cdot 40,7 = 162,8 \text{ м}^2$$

Камера №5

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 13,492 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{13492}{12,5 \cdot 8} = 135 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 046A/14 3 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 3 \cdot 46,1 = 138,3 \text{ м}^2$$

Камера №6

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 7,476 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{7476}{15 \cdot 10} = 50 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 051C/17 стельовий 1 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 1 \cdot 50,9 = 50,9 \text{ м}^2$$

Камера №7

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{кмз}} = 22044 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{22044}{12,5 \cdot 8} = 220 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 066D/27 стельовий 1 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 1 \cdot 217,3 = 217,3 \text{ м}^2$$

Камера №8

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{кмз}} = 6697 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{6697}{12,5 \cdot 8} = 67 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 041A/14 стельовий 2 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 2 \cdot 34,6 = 69,2 \text{ м}^2$$

Камера №9

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{кмз}} = 154,071 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{154,071}{12 \cdot 10} = 1284 \text{ м}^2$$

Оскільки в даній камері знаходиться швидкоморозильний апарат то для даної камери повітроохолодник відповідатиме тим технічним характеристикам, які має шокфрістер швидкоморозильного апарату.

Аналогічний шокфрістер 065С/612 4 шт.

Об'єм труб загальний 556 л.

Камера №10

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{кМЗ}} = 7,488 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{7488}{13 \cdot 10} = 58 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 066С/110 стельовий 1 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 58,7 \text{ м}^2$$

Камера №11

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{кМЗ}} = 6,727 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{6727}{12,5 \cdot 8} = 67 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 041А/24 стельовий 1 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 69,2 \text{ м}^2$$

Камера №12

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 6,939 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{6939}{12,5 \cdot 8} = 69,4 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 041A/24 стельовий 1 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 69,2 \text{ м}^2$$

Камера №13

Теплове навантаження на камерне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 7227 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{7227}{12,5 \cdot 8} = 72,3 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 041A/24 стельовий 1 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників:

$$\Sigma F = 73,3 \text{ м}^2$$

Коридор та експедиція

Теплове навантаження на теплообмінне обладнання

$$Q_{\text{квз}} = 21,776 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$\Delta t = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{21776}{17,5 \cdot 7} = 177,8 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники Guntner типу 051B/112 стельовий 5 шт.

Загальна площа теплообміну повітроохолодників: $\Sigma F = 5 \cdot 36,3 = 181,5 \text{ м}^2$

11. Розрахунок охолодника оборотної води.

Розрахунок і вибір градирні.

Теплове навантаження градирні рівне тепловому навантаженню

конденсатора:

$$Q_{cp} = Q_{кд} = 610,5 \text{ кВт};$$

Знаходимо площу поперечного перерізу градирні:

$$q_F = 35 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2};$$

$$F_{п.п.} = \frac{Q_{cp}}{q_F} = \frac{610,5}{35} = 17,44 \text{ м}^2;$$

Обираємо 2 вентиляторні градирні марки **ГРАД-280**, площа поперечного перерізу якої $F_{cp} = 10 \text{ м}^2$, загальна площа поперечного перерізу:

$$\sum F_{п.п.} = n \cdot F_{п.п.} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ м}^2;$$

12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

Лінійний ресивер.

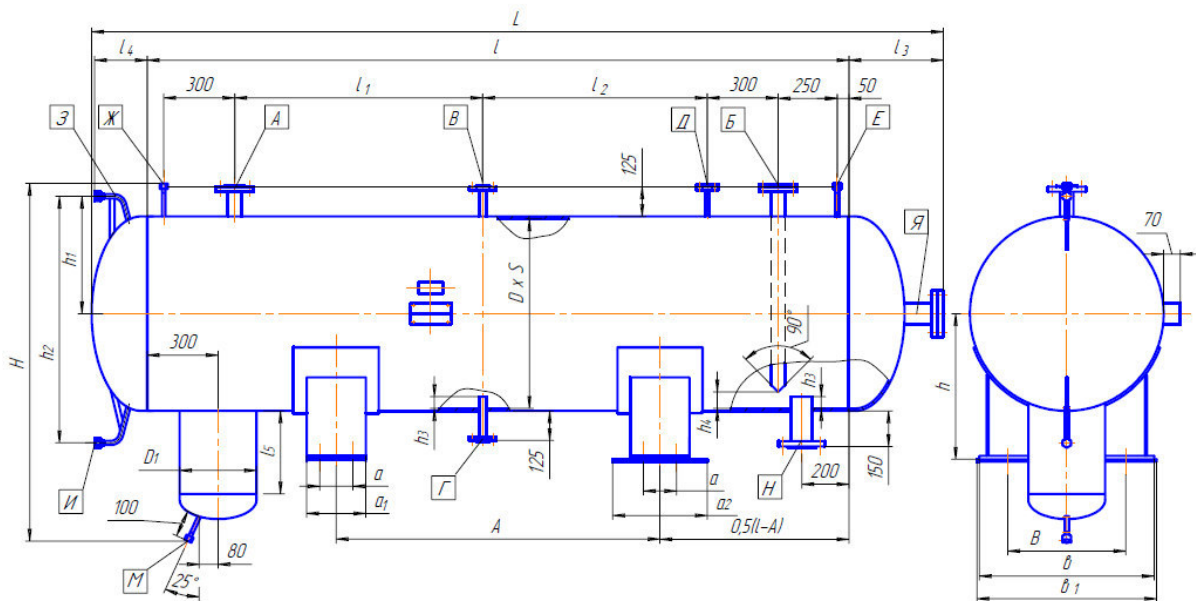
Ємність лінійного ресивера в насосно-циркуляційних схемах з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження при умові заповнення її не більше ніж 80%:

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot (V_{по}); \quad i^3$$

$V_{по}$ - внутрішній об'єм труб повітроохолодників

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot (2 \cdot 110 + 2 \cdot 126 + 2 \cdot 14 + 4 \cdot 12 + 3 \cdot 8 + 14 + 56 + 2 \cdot 6 + 556 + 24 + 12 + 12 + 27 + 5 \cdot 20) / 1000 = 0,831 \quad i^3;$$

Приймаємо 1 лінійний горизонтальний ресивер AS-1,5 Guntner



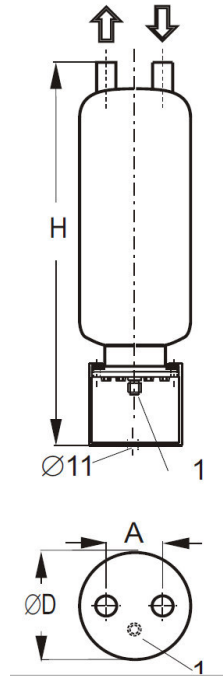
Технічна характеристика ресивера

Марка	AS-1,5 Guntner
Габаритні розміри, мм	800x10
Місткість, л	1680
Габарити, мм	
b1	760
H	1480
L	3605
Маса, кг	930

Мастиловіддільники.

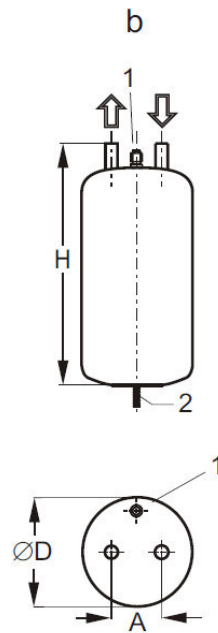
Мастиловіддільники підбирають по діаметру нагнітального трубопроводу КМ та встановлюють за компресором на лінії нагнітання.

Для поршневих компресорів Grasso 610 з $D_{\text{наг}}=65$ мм підбираємо 2 мастиловіддільники виробництва Oilstar TOA 67FH



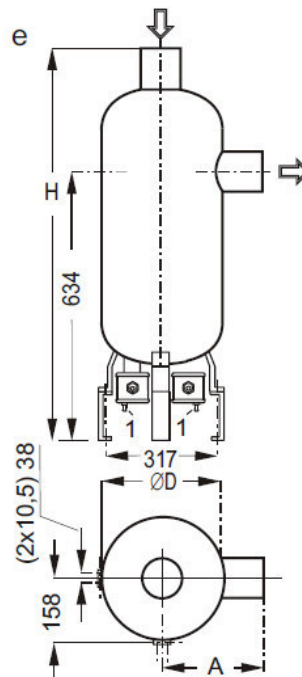
Аміачні мастиловіддільники	Розміри, мм			Об'єм, л	Маса, кг
	D	H	A		
Oilstar TOA 67FH	300	615	150	18,9	20

Для поршневих компресорів Grasso 210 з $D_{\text{наг}}=32$ мм підбираємо 2 мастиловіддільники виробництва Oilstar TOA 35



Аміачні мастиловіддільники	Розміри, мм			Об'єм, л	Маса, кг
	D	H	A		
Oilstar TOA 35	130	407	60	3,5	3,4

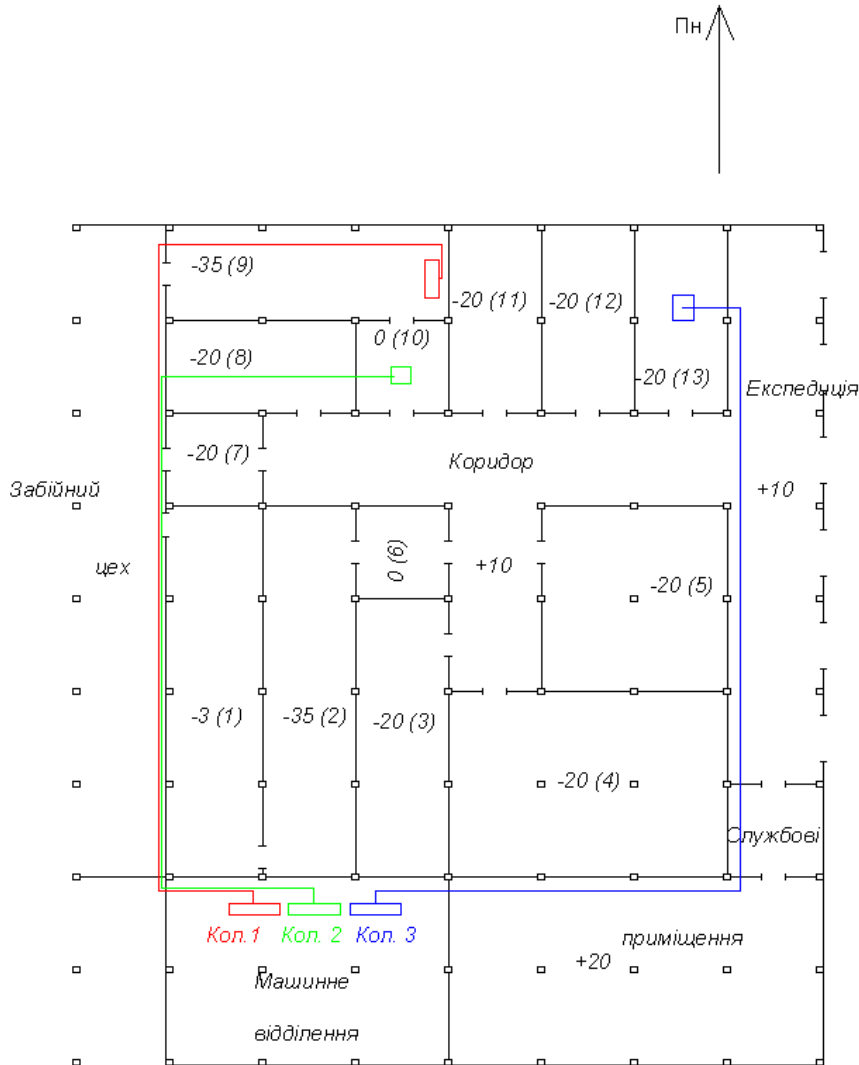
Для поршневих компресорів Grasso V1100 з $D_{нар}=100$ мм підбираємо 2 мастиловіддільники виробництва Oilstar TOA 104V



Мастилозбірник.

В якості мастилозбірника приймаємо Oilstar TOS 14. Об'єм 14 л. Розміри, мм:
 $D=150$, $A=110$, $H=519$

13. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.



Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодника, що працює при температурі кипіння -28°C і знаходиться в камері №13

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.} + \rho \cdot g \cdot h; \text{ Па}$$

$\Delta P_{тр}$ - втрати тиску, що витрачається на подолання тертя в трубах.

$\Delta P_{м.с.}$ - втрата тиску, що витрачається на подолання місцевих опорів.

$h = 3$ - висота підйому холодоагенту, м.

$$\Delta P_{тр.} = \frac{\lambda_{мп}}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \cdot l; \text{ Па}$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}; \text{ Па}$$

λ_{mp} - коефіцієнт тертя в нагнітальному трубопроводі

d - діаметр нагнітального трубопроводу, мм

ρ - густина аміаку в нагнітальному трубопроводі, кг/м³

ω - швидкість фреону в нагнітальному трубопроводі, м/с

l - довжина трубопроводу, м

$\sum \xi_m$ - сума місцевих опорів.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою:

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

З цього рівняння знайдемо швидкість в напірному та зворотньому трубопроводах насосно-циркуляційної системи подачі

$$\omega = \frac{4 \cdot M}{\rho \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2} \text{ м/с}$$

M - маса аміаку, що подається через даний трубопровід $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$M = n_{\text{ц}} \cdot m = 5 \cdot 0,004 = 0,02 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$n_{\text{ц}}$ - кратність циркуляції

m - маса аміаку, що випаровується у повітроохолоднику $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

ρ - густина аміаку в нагнітальному трубопроводі (густина двофазної суміші в зворотньому трубопроводі) $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Швидкість аміаку в нагнітальному трубопроводі

Швидкість знаходимо з допустимих меж (0,3 – 0,5 м/с)

Приймаємо $\omega = 0,3$ м/с

Розрахунковий діаметр трубопроводу

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02}{\pi \cdot 677 \cdot 0,3}} = 0,011 \text{ м}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу приймаємо стандартний $d_{\text{вн}} = 10,8$ мм

Реальна швидкість в нагнітальному трубопроводі

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,02}{677 \cdot \pi \cdot 0,0108^2} = 0,32$$

Діаметр зворотного трубопроводу

Швидкість знаходимо з допустимих меж (0,6 – 1,2 м/с),

Приймаємо $\omega=0,6$ м/с

$$d_{\text{ен}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02}{\pi \cdot 5 \cdot 0,6}} = 0,092 \text{ м}$$

Діаметр зворотного трубопроводу приймаємо стандартний $d_{\text{вн}} = 100$ мм

Реальна швидкість в зворотному трубопроводі

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,02}{5 \cdot \pi \cdot 0,1^2} = 0,51 \text{ м/с}$$

Розрахована швидкість менше допустимої (0,6 – 1,2 м/с), це зменшить втрати тиску в зворотному трубопроводі.

Розраховуємо втрати тиску

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{ен}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{ен}}}{\nu} = \frac{0,32 \cdot 0,0108}{3,87 \cdot 10^{-7}} = 8930;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,0108} + \frac{64}{8930} \right)^{0,25} = 0,17$$

Втрати тиску від тертя на ділянці довжиною 60 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = \frac{0,17}{0,0108} \cdot \frac{677 \times 0,32^2}{2} \cdot 60 = 32737 \text{ Па};$$

Втрата тиску на місцевих опорах

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів згідно таблиці літ.1 ст.153

зворотний клапан $\xi=6$

вентиль запорний (2шт.) $\xi=2 \cdot 0,5=1$

коліно 90° (5 шт.) $\xi=5 \cdot 0,5=2,5$

фільтр рідинний $\xi=6$

вентиль соленоїдний $\xi=10$

вентиль регулюючий $\xi=12$

$$\sum \xi_{\text{м}} = 6 + 1 + 2,5 + 6 + 10 + 12 = 37,5$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = 37,5 \cdot \frac{677 \cdot 0,32^2}{2} = 1300 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 32737 + 1300 + 677 \cdot 9,81 \cdot 3 = 53961 \text{ Па.}$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -10°C .

$$\Delta P_{мп.} = \frac{\lambda_{мп.}}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \cdot l; \text{ Па}$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}; \text{ Па}$$

Швидкість аміаку в нагнітальному трубопроводі

Швидкість знаходимо з допустимих меж (0,3 – 0,5 м/с)

Приймаємо $\omega = 0,3$ м/с

Розрахунковий діаметр трубопроводу

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,025}{\pi \cdot 653 \cdot 0,3}} = 0,0127 \text{ м}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу приймаємо стандартний $d_{вн} = 10,8$ мм

Реальна швидкість в нагнітальному трубопроводі

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,025}{653 \cdot \pi \cdot 0,0108^2} = 0,43$$

Діаметр зворотного трубопроводу

Швидкість знаходимо з допустимих меж (0,6 – 1,2 м/с),

Приймаємо $\omega = 0,6$ м/с

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,025}{\pi \cdot 111 \cdot 0,6}} = 0,069 \text{ м}$$

Діаметр зворотного трубопроводу приймаємо стандартний $d_{вн} = 69$ мм

Реальна швидкість в зворотному трубопроводі

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,025}{111 \cdot \pi \cdot 0,069^2} = 0,6 \text{ м/с}$$

Розрахована швидкість знаходиться в допустимих межах (0,6 – 1,2 м/с)

$$\lambda_{мп.} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн.}}}{\nu} = \frac{0,43 \cdot 0,0108}{3,87 \cdot 10^{-7}} = 12000;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,0108} + \frac{64}{12000} \right)^{0,25} = 0,16$$

Втрати тиску від тертя на ділянці довжиною 54 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = \frac{0,16}{0,0108} \cdot \frac{653 \times 0,43^2}{2} \cdot 54 = 48296 \text{ Па};$$

Втрата тиску на місцевих опорах

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів згідно таблиці літ.1 ст.153

зворотний клапан $\xi = 6$

вентиль запорний (2шт.) $\xi = 2 \cdot 0,5 = 1$

коліно 90° (5 шт.) $\xi = 5 \cdot 0,5 = 2,5$

фільтр рідинний $\xi = 6$

вентиль соленоїдний $\xi = 10$

вентиль регулюючий $\xi = 12$

$$\sum \xi_{\text{м}} = 6 + 1 + 2,5 + 6 + 10 + 12 = 37,5$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = 37,5 \cdot \frac{653 \cdot 0,43^2}{2} = 2264 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 48296 + 2264 + 653 \cdot 9,81 \cdot 3 = 69778 \text{ Па}.$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -45°C .

$$\Delta P_{\text{мп.}} = \frac{\lambda_{\text{мп}}}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \cdot l; \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}; \text{ Па}$$

Швидкість аміаку в нагнітальному трубопроводі

Швидкість знаходимо з допустимих меж (0,3 – 0,5 м/с)

Приймаємо $\omega = 0,3$ м/с

Розрахунковий діаметр трубопроводу

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,143}{\pi \cdot 695 \cdot 0,3}} = 0,029$$

Діаметр нагнітального трубопроводу приймаємо стандартний $d_{\text{вн}} = 28$ мм

Реальна швидкість в нагнітальному трубопроводі

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,143}{695 \cdot \pi \cdot 0,028^2} = 0,33$$

Діаметр зворотного трубопроводу

Швидкість знаходимо з допустимих меж (0,6 – 1,2 м/с),

Приймаємо $\omega = 1$ м/с

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,143}{\pi \cdot 2,5 \cdot 1}} = 0,270 \text{ м}$$

Діаметр зворотного трубопроводу приймаємо стандартний $d_{\text{вн}} = 205$ мм

Реальна швидкість в зворотному трубопроводі

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,143}{2,5 \cdot \pi \cdot 0,205^2} = 1,73 \text{ м/с}$$

Розрахована швидкість знаходиться за межами (0,6 – 1,2 м/с)

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн.}}}{\nu} = \frac{0,4 \cdot 0,05}{4,2 \cdot 10^{-7}} = 47620;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,05} + \frac{64}{47620} \right)^{0,25} = 0,115$$

Втрати тиску від тертя на ділянці довжиною 67м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = \frac{0,115}{0,05} \cdot \frac{695 \times 0,4^2}{2} \cdot 67 = 8568 \text{ Па};$$

Втрата тиску на місцевих опорах

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів згідно таблиці літ.1 ст.153

зворотний клапан $\xi = 6$

вентиль запорний (2шт.) $\xi = 2 \cdot 0,5 = 1$

коліно 90° (8 шт.) $\xi = 8 \cdot 0,5 = 4$

фільтр рідинний $\xi = 6$

вентиль соленоїдний $\xi = 10$

вентиль регулюючий $\xi = 12$

$$\sum \xi_m = 6 + 1 + 4 + 6 + 10 + 12 = 39$$

$$\Delta P_{m.c.} = Z = 39 \cdot \frac{695 \cdot 0,4^2}{2} = 2168 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 8568 + 2168 + 695 \cdot 9,81 \cdot 3 = 31190 \text{ Па.}$$

Циркуляційний ресивер з t_0 , С	$t_0 = -10^\circ\text{C}$	$t_0 = -28^\circ\text{C}$	$t_0 = -45^\circ\text{C}$
Об'ємна подача, м ³ /с	0,00003	0,000037	0,000813
Діаметр внутрішній, мм нагн. трубопроводу звор. трубопроводу	10,8 28	10,8 69	28 205
Швидкість аміаку в нагн. трубопроводі в звор. трубопроводі	0,43 0,51	0,32 0,6	0,4 1,73
Втрати тиску по довжині істралі $\Delta P_{тр}$, Па	48296	32737	8568
Втрати тиску на місцеві опори мс, Па	2264	1300	2168
Втрати тиску на підйом аміаку висоту h $\Delta P_{мс}$, Па	19218	19924	20454
Сумарна втрата тиску, Па	69778	53961	31190

Обираємо циркуляційний та дренажний ресивера.

Компаудний циркуляційний ресивер ($t_0 = -10^\circ\text{C}$)

Ємність циркуляційного ресивера РД в системах з нижньою подачею
холодильного агента в прилади охолодження

$$V_{ц.р.-10} = K \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot (V_{по}) + 0,3 \cdot V_{с.м.}]$$

$$V_{ц.р.-10} = 2,7 \cdot (9 \cdot 0,0049 + 0,2 \cdot 0,258 + 0,3 \cdot 9 \cdot 0,033) = 0,5 \text{ м}^3;$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки НАМ 950x2950 фірми WITT

Технічна характеристика циркуляційного ресивера

Марка	НАМ 950x2950
Габаритні розміри, мм	950x2950
Загальний об'єм, л	1910
Робочий об'єм, л	1055
Діаметр патрубків, мм всмоктування компресора повернення із випарника впорскування рідини всмоктування насосів стояк злив мастила	DN100 DN125 DN50 2xDN100 2xDN40 DN32

Компаудний циркуляційний ресивер ($t_0 = -28^\circ\text{C}$)

$$V_{ц.р.-28} = K \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot (V_{ПО}) + 0,3 \cdot V_{в.м.}]$$

$$V_{ц.р.-28} = 2,7 \cdot (0,0055 \cdot 10 + 0,2 \cdot 0,219 + 0,3 \cdot 0,224 \cdot 10) = 0,771 \text{ м}^3;$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки НАМ 950х2950 фірми WITT

Технічна характеристика

Марка	НАМ 950х2950
Габаритні розміри, мм	950х2950
Загальний об'єм, л	1910
Робочий об'єм, л	1055
Діаметр патрубків, мм	
всмоктування компресора	DN100
повернення із випарника	DN125
впорскування рідини	DN50
всмоктування насосів	2хDN100
стояк	2хDN40
злив мастила	DN32

Циркуляційний ресивер ($t_0 = -45 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$V_{ц.р.-32} = 2,7 \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot (V_{ПО}) + 0,3 \cdot V_{в.м.}] = 2,7 \cdot [3 \cdot 0,0412 + 0,2 \cdot 0,808 + 1,9] = 2,06 \text{ м}^3;$$

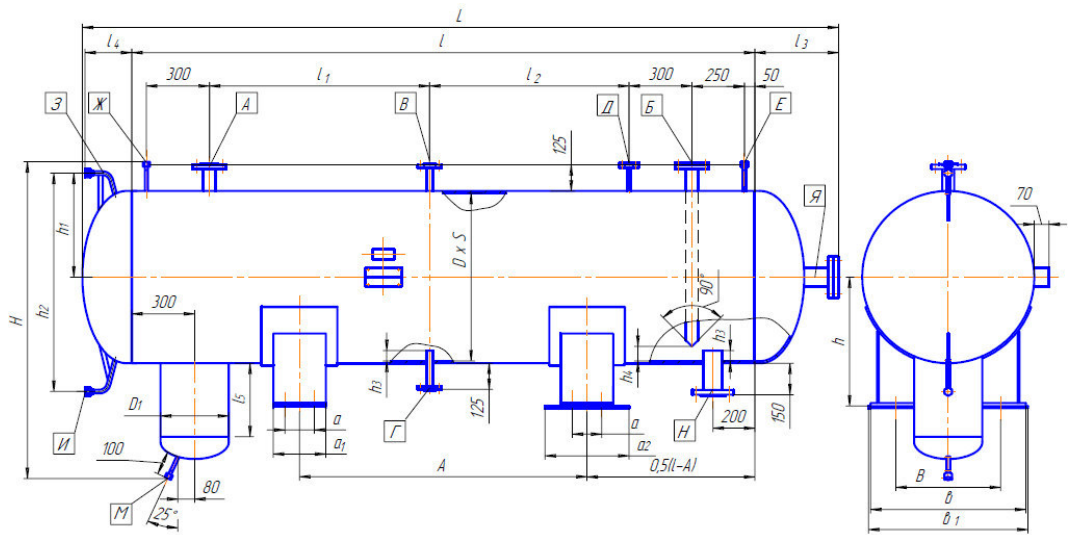
Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки НАМ 1400х3140 фірми WITT

Технічна характеристика

Марка	НАМ 1400х3140
Габаритні розміри, мм	1400х3140
Загальний об'єм, л	4412
Робочий об'єм, л	2247
Діаметр патрубків, мм	
всмоктування компресора	DN200
повернення із випарника	DN200
впорскування рідини	DN100
всмоктування насосів	3хDN125
стояк	2хDN40
злив мастила	DN32

Вибір дренажного ресивера здійснюємо з розрахунку, що при умовному заповненні не більше ніж на 80% він вміщував рідкий аміак із будь-якого апарату або найбільш аміакоємних батарей. Підбираємо по циркуляційному ресивері.

Дренажний ресивер AS-3,5 Guntner



Технічна характеристика ресивера

Марка	AS-3,5 Guntner	
Габаритні розміри, мм	1000x10	
Місткість, л	3460	
Габарити, мм		
	b1	1020
	H	1680
	L	4690
Маса, кг	1600	

14. Вибір аміачних насосів.

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

Насос для перекачування рідин підбирають по двом основним параметрам: подачі V ($\text{м}^3/\text{с}$) та повному тиску P (в Па), утворюючий насосом.

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

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

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

$$n_{\text{ц}} = 5$$

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

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{69778}{677 \cdot 9,81} = 10,51\text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-10)}}{\rho_{-10}} = 5 \cdot \frac{0,045}{677} = 0,00033\text{ м}^3/\text{с} = 1,2\text{ м}^3/\text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки GP41/960 фірми WITT.

Технічна характеристика

Марка насоса	GP41/960
Максимальна продуктивність, м ³ /год	2,0
Максимальний напір, м	12
Частота обертання, об/хв	960
Розміри патрубків	
вхід	DN40
вихід	DN40
Маса, кг	68
Заправка мастила, л	1,7

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -28 °С .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \cdot g} = \frac{53961}{653 \cdot 9,81} = 8,42 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \sum \frac{M_{\text{км}(-28)}}{\rho_{-28}} = 5 \cdot \frac{0,046}{653} = 0,00035 \text{ м}^3 / \text{с} = 1,27 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки GP41/960 фірми WITТ.

Технічна характеристика

Марка насоса	GP41/960
Максимальна продуктивність, м ³ /год	2,0
Максимальний напір, м	12
Частота обертання, об/хв	960
Розміри патрубків	
вхід	DN40
вихід	DN40
Маса, кг	68
Заправка мастила, л	1,7

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -45 °С .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \cdot g} = \frac{31190}{695 \cdot 9,81} = 4,57 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-45)}}{\rho_{-45}} = 5 \cdot \frac{0,187}{695} = 0,0013 \text{ м}^3 / \text{с} = 4,84 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки GP51A/960 фірми WITT.

Технічна характеристика

Марка насоса	GP51A/960
Максимальна продуктивність, м ³ /год	6,2
Максимальний напір, м	17
Частота обертання, об/хв	960
Розміри патрубків	
вхід	DN50
вихід	DN50
Маса, кг	117
Заправка мастила, л	2

Вибір насоса для перекачування води до кожухотрубного конденсатора

Витрата охолоджувальної води на конденсатор

$$V_{ок} = 0,036 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad V_{ок} = 130 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Підбираємо багато насосну станцію Wilo-Comfort-Vario COR MVIE/VR

Технічне описання

Максимальна подача без резервного насоса, м ³ /год	290
Максимальна подача з резервним насосом, м ³ /год	390
Максимальний напір, м	150
Діапазон частоти обертання, об/хв	1160 - 3500
Електропідключення	3/230
Частота струму, Гц	50/60
Число насосів в установці	2 - 4

15. Техніко-економічні показники

Для розрахунку собівартості холоду треба знати суму коштів за спожиту: електроенергію, мастило, холодоагент R717, оплату праці, амортизаційні відшкодування, та інші витрати, які вираховуються від вартості обладнання.

Розрахунковеспоживанняелектроенергіїхолодильнимобладнаннямкомпресорного цехузводимо до таблиці15.1

Таблиця 15.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	Р _{ел.} кВт	Σ Р _{ел.} кВт	Рік, тис. кВт·год
1	Компресор Grasso 610	2	75	150	1200
2	Компресор Grasso 210	2	7,5	15	120
3	Компресор Grasso V1100	2	37	74	592
4	Насосна станція для конденсатора Wilo-Comfort VarioCORMVIE/VR	1	67,5	67,5	540
5	Насос для ЦР1 GP41/960 фірми WITT	1	2	2	16
6	Насос для ЦР2 GP41/960 фірми WITT	1	2	2	16
7	Насос для ЦР3 GP51A/960 фірми WITT	1	2,8	2,8	22,4
8	Вентилятори повітроохолодниківGuntner:				
	081B/210	4	1,4	5,6	44,8
	081C/310	6	1,4	8,4	67,2
	051C/17	2	0,5	1	8
	046C/17	4	0,36	1,44	11,52
	046A/14	3	0,36	1,08	8,64
	051C/17	1	0,5	0,5	4
	066D/27	2	0,76	1,52	12,16
	041A/14	2	0,36	0,72	5,76
	066C/110	1	0,76	0,76	6,08
	041A/24	2	0,36	0,72	5,76
	041A/24	2	0,36	0,72	5,76
	041A/24	2	0,36	0,72	5,76
	051B/112	5	0,5	2,5	20
9	ШокфростерGuntner 065C/612	24	0,77	18,48	147,84
1	Електровідтайка повітроохолодників:				
	081B/210	2	33	66	528
	081C/310	2	49,2	98,4	787,2
	051C/17	2	6,2	12,4	99,2
	046C/17	4	5	20	160
	046A/14	3	5	15	120
	051C/17	1	6,2	6,2	49,6
	066D/27	1	22,8	22,8	182,4
	041A/14	2	3,4	6,8	54,4

	066C/110		9,8	9,8	78,4
	041A/24	1	5,9	5,9	47,2
		1			
10	041A/24		5,9	5,9	47,2
	041A/24	1	5,9	5,9	47,2
	051B/112	1	6,2	31	248
	шокфростераGuntner 065C/612	5	46,2	184,8	1478,4
		4			
11	Вентилятор градирні	2	15	30	240
Річна витрата електроенергії					6487

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$N = P_{el} \cdot n$$

де n - час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 8000 год.

P_{el} - електрична потужність компресора, насоса, вентилятора тощо.

15.2 Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в таблиці 15.2

Таблиця 15.2

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн			Загальні витрати, тис. грн
		Придбання	Монтаж	Інші витрати	
Компресорий агрегат Grasso 610	2	890	89	17,8	996,8
Компресор агрегат Grasso 210	2	349	34,9	6,98	390,88
Компресор агрегат GrassoV1100	2	998	99,8	1,996	1099,796
Насосна станція для конденсатора Wilo-Comfort-VarioCORMVIE/VR	1	20,55	2,055	0,41	23,015
Насос для ЦР1 GP41/960 фірми WITT	2	70,66	7,066	1,41	79,136
Насос для ЦР2 GP41/960 фірми WITT	2	70,66	7,066	1,41	79,136
Насос для ЦР3 GP51A/960 фірми WITT	2	109,2	10,92	2,2	122,32
Лінійний ресивер AS-1,5Guntner	1	62	6,2	1,24	69,44
Дренажний ресивер AS-3,5 Guntner	1	105	10,5	2,1	117,6
Циркуляційний ресивер HAM 950x2950 фірми WITT	2	308,8	30,8	6,176	345,76
Циркуляційний ресивер HAM 1400x3140 фірми WITT	1	238	23,8	4,76	266,56
Повітроохолодник Guntner 081B/210	2	134,38	13,44	2,7	150,52
Повітроохолодник Guntner 081C/310	2	299,66	29,96	6	335,62
Повітроохолодник Guntner 051C/17	3	81,486	8,15	1,63	91,266
Повітроохолодник Guntner 046C/17	4	367,53	36,75	7,35	412
Повітроохолодник Guntner 046A/14	3	98,386	9,84	1,97	110,196
Повітроохолодник Guntner 066D/27	1	80,8	8,1	1,61	90,51

ПовітроохолодникGuntner 041A/14	2	54,26	5,43	1,08	60,77
ПовітроохолодникGuntner 066C/110	1	41,64	4,2	0,83	46,67
ПовітроохолодникGuntner 041A/24	3	89,11	8,91	1,78	99,8
ПовітроохолодникGuntner 051B/112	5	114,68	11,47	2,29	128,44
ШокфростераGuntner 065C/612	4	962	96,2	19,24	1077,44
Конденсатор AKS 150 Guntner	2	50,1			
Градижня ГРАД-280	2	8,1	0,81	0,162	9,072
Мастиловіддільник OilstarTOA67FH	2	26,2	2,62	0,524	29,344
Мастиловіддільник OilstarTOA 35	2	7,4	0,74	0,148	8,288
Мастиловіддільник OilstarTOA 104V	2	67,2	6,72	1,344	75,264
МастилозбірникOilstarTOS 14	1	7,5	0,75	0,15	8,4
Холодоагент R717	2280 кг (4000 л)	2,052	-	0,041	2,093
Разом		5714,354	566,197	95,331	6375,882

Витрати на монтаж приймаємо 10% від вартості обладнання.

Інші витрати складають 2% від вартості обладнання.

15.2 Виробництво і використання електроенергії

Річне споживання електроенергії холодильником і компресорним цехом даного холодильника становить: $E_p = 6487000 \text{ кВтг}$

Ціна за 1 кВт. год електроенергії становить: $C_{ел} = 1 \text{ грн} / \text{кВтг}$

Визначаємо витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$V_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел}$$

$$V_{ел.р} = 6487000 \text{ кВтг} \cdot \text{грн} / \text{кВтг} = 6487000 \text{ грн}$$

15.3 Мастило купується для компресорів за ціною 130 грн. за 1л, в моєму проекті необхідно 200л і це коштує $130 \cdot 200 = 26 \text{ тис. грн}$

15.4 Холодоагент аміак купується за ціною 37 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 2280 кг і це коштує $2280 \cdot 0,9 = 2,052 \text{ тис. грн}$

15.5 Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 15.3

Таблиця 15.3

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Машиніст ХУ	9	10	15840	190080
2	Слбсар-ремонтник	9	3	4752	57024
	Разом		7	11088	247104

15.6 Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \times 0,22$$

$$A_{обл} = 6375,882 \times 0,22 = 1402,69 \text{ тис. грн}$$

15.7 Визначення інших видів витрат

До інших витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати, які розраховуються як окремі статті.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 20% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$B_{рем} = A_{обл} \times 0,20$$

$$B_{рем} = 1402,69 \times 0,20 = 280,53 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{пуск} = B_{обл} \times 0,02$$

$$B_{пуск} = 6375,882 \times 0,02 = 127,51 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{ін} = A_{обл} \times 0,03$$

$$B_{ін} = 1402,69 \times 0,03 = 42,08 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = B_{рем} + B_{пуск} + B_{ін}$$

$$\Sigma B = 280,53 + 127,51 + 42,08 = 450,12 \text{ тис. грн}$$

15.8 Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	Проект
Електроенергія	6487,000
Мастило	26
Холодильний агент R717	2,052
Оплата праці	247,104
Амортизація	1402,69
Інші витрати	450,12
Разом	8614,966

Кількість виробленого холоду за рік: $22 \cdot 270 \cdot 396 = 2352,24 \text{ МВт} \cdot \text{год}$

Собівартість холоду: $\Delta C = \frac{8614,966 \text{ грн}}{2352,24 \text{ М}35 \cdot \text{год}} = 3,66 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$

16. Охорона праці

Сучасний розвиток технічного та технологічного стану виробництва передбачає постійну автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Сьогодні, напевно, важко уявити компанію, господарська діяльність в якій здійснювалась би без використання комп'ютерної техніки. Через масовий характер робіт, що виконуються працівниками за допомогою комп'ютера, законодавством України чітко врегульовано норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки на підприємстві, безпосередньо й охорона праці при роботі з комп'ютером.

Вимоги до приміщення

Приміщення, в яких планується установка та подальша робота з комп'ютером, повинні відповідати проектній документації будинку, погодженій з уповноваженими державними органами. Крім того, роботодавець повинен враховувати санітарні нормативи освітлення, вимоги до параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість), ступеня і сили вібрації, звукового шуму і вогнестійкості приміщення, а також характеристики електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного полів. Конкретні показники зазначених санітарних норм див. в Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007-98, затверджених Постановою Головного державного санітарного лікаря України №7 від 10 грудня 1998 року. Правила поширюються на умови й організацію праці при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) усіх типів вітчизняного та зарубіжного виробництва на основі електронно-променевих трубок (ЕПТ), що використовуються в електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) колективного використання та персональних ЕОМ (ПЕОМ). Так, наприклад, роботодавцю заборонено установлювати комп'ютери в приміщеннях, розташованих у підвалах будинків. Для уникнення можливих аварій та замикань, поряд з приміщеннями, де вестиметься робота з комп'ютером (над чи під ними), також не дозволяється проведення робіт, що потребують здійснення надмірно вологих технологічних процесів. Відповідне приміщення повинно бути укомплектоване системами центрального або індивідуального опалення,

кондиціонування чи вентиляції повітря. Але при установці зазначених систем, необхідно переконатись, що батареї опалення, водопровідні труби, вентиляційні кабелі тощо, надійно сховані під захисними щитками, які перешкоджатимуть можливому потраплянню робітника під напругу.

У кожній кімнаті, де обладнуватимуться робочі місця співробітників, що працюватимуть на комп'ютері, повинні бути наявні елементи природного та штучного освітлення. При цьому, на вікнах слід встановити легко регульовані жалюзі чи штори, які дозволять працівникам коригувати рівень освітлення в приміщенні. Бажано розмістити комп'ютери в кімнаті таким чином, щоб світло потрапляло на екрани моніторів з півдня чи північного сходу. З метою досягнення максимального рівня безпеки і охорони праці при роботі з комп'ютером, виробничі приміщення необхідно обладнати аптечками першої медичної допомоги, системами автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками. В приміщенні, в якому разом працюють 5 або більше комп'ютерів, на видимому місці встановлюється службовий вимикач, який у разі потреби дозволить повністю відключити електричне живлення кімнати.

Вимоги до особистого робочого місця працівника

Роботодавець, який використовує найману працю робітників, повинен забезпечити відповідність їхніх робочих місць комфортним та безпечним умовам. Розмір одного робочого місця має становити не менше 6 квадратних метрів. При необхідності, суміжні робочі місця співробітників, що працюють з комп'ютером, слід розділити перегородками висотою до 2 метрів. При визначенні достатнього розміру приміщення і робочого місця на одну особу необхідно додатково враховувати шафи, сейфи, тумби або інші предмети меблів чи обладнання, які знаходяться в кімнаті. На столі працівника можливо розмістити допоміжні для роботи пристрої (принтери, колонки, сканери), а також місця для зберігання документів, за умови, що це не обмежуватиме видимість екрану і не заважатиме працівнику. У разі надмірного шуму чи вібрації технічного обладнання,

роботодавець повинен забезпечити працівників антивібраційними килимками. Робочий стілець співробітника має бути підйомно-поворотним, легко регульованим за висотою та забезпечувати належну підтримку та зручне положення спини і хребта особи. Щодня необхідно проводити вологе прибирання приміщення, та очищати робоче місце та безпосередньо монітор комп'ютера від запиленості. На підприємстві забороняється: проводити ремонт та технічне обслуговування комп'ютера за робочим місцем працівника; самочинно ремонтувати або намагатись здійснити технічне налагодження комп'ютера без залучення компетентних спеціалістів; складувати на робочому місці зайві документи, деталі та предмети, що не потрібні для роботи; використовувати монітори з нечітким зображенням та монітори, у яких наявні поламки екрану; працювати з матричним принтером без антивібраційного покриття та зі знятою кришкою. Допускати до роботи осіб, які не пройшли затверджений на підприємстві курс охорони праці для роботи з комп'ютером, не дозволяється.



Соціальні та профілактичні засоби захисту робітників, які працюють з комп'ютером

При прийнятті на роботу кожна особа має пройти лікарський огляд. Окрім того, при подальшій трудовій діяльності в компанії, така особа підлягає регулярному лікарському огляду не рідше ніж раз на 2 роки. Обов'язковим є проходження таких лікарів як терапевта, невропатолога та офтальмолога. В компанії мають бути чітко встановлені перерви для відпочинку працівників (окрім обідньої), як правило, тривалістю 10-15 хвилин раз на годину або дві, в залежності від складності роботи. В будь-якому випадку, роботодавець повинен передбачити

такий розпорядок роботи на підприємстві, щоб час неперервної роботи з комп'ютером був не більше ніж 4 години. Додатково, для збереження належного рівня здоров'я та професійної придатності робітників, рекомендується виділити на підприємстві окреме побутове приміщення для перепочинку працівників і зняття ними нервово-емоційного напруження, що виникає при роботі з комп'ютером.

Законодавство:

– [Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду «Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» від 26.03.2010 № 65;](#)

– [Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затвержені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.1998 № 7;](#)

– [Примірну інструкцію з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджену наказом Міністерства доходів і зборів України від 05.09.2013 № 443.](#)

Вимоги до оформлення приміщень та робочих місць на підприємствах регулюються:

а) Законом про охорону праці;

б) Правилами охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затвердженими наказом Держгірпромнагляду від 26.03.2010 р. № 65;

в) іншими нормативно-правовими актами України відповідно до специфікації конкретного підприємства та умов виробництва товарів, надання послуг.

Вимоги до приміщення

Площу приміщень, в яких розташовують персональні комп'ютери, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК:

площа – не менше 6,0 кв. м;

обсяг – не менше 20,0 куб. м, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні;

робочі місця повинні бути розташовані на відстані не менше ніж 1 м від стіни з вікном, відстань між бічними поверхнями комп'ютерів має бути не меншою за 1,2 м;

відстань між тильною поверхнею одного комп'ютера та екраном іншого не повинна бути меншою 2,5 м;

прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

У приміщеннях з персональними комп'ютерами слід щоденно проводити вологе прибирання.

Також в цих приміщеннях повинні бути медичні аптечки першої допомоги та система автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 кв. м площі приміщення. Підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними.

Вимоги до освітлення приміщення

Відносно вікон робоче місце повинно бути розміщено так, щоб природне світло було збоку, переважно з лівого, та забезпечувався коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Робоче місце, обладнане ПК, повинно бути

розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела штучного світла рекомендується розташувати з обох сторін від екрану паралельно напрямку зору. Щоб уникнути світлових блисків від екрану, клавіатури, освітлювальних пристроїв, сонця, в напрямку очей необхідно застосовувати антиблискові сітки, спеціальні фільтри для екрану, захисні козирки, жалюзі на вікнах. Вікна приміщень повинні мати регульовальні пристрої для відкривання.

Штучне освітлення приміщення має бути обладнане системою загального рівномірного освітлення. У приміщеннях, де переважають роботи з документами, допускається вживати систему комбінованого освітлення (додатково до загального освітлення встановлюються світильники місцевого освітлення). Загальне освітлення має бути виконане у вигляді суцільних або переривчатих ліній світильників, що розміщуються збоку від робочих місць (переважно зліва) паралельно лінії зору працівників.

Застосування світильників без розсіювачів та екранних сіток забороняється.

Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ. Допускається у світильниках місцевого освітлення застосовувати лампи розжарювання. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 град. до 90 град. відносно вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна становити не більше 200 кд/кв. м, а захисний кут світильників повинен бути не більшим за 40 град. Коефіцієнт запасу для освітлювальної установки загального освітлення слід приймати рівним 1,4. Коефіцієнт пульсації повинен не перевищувати 5 %. Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300 – 500 лк.

У разі неможливості забезпечити даний рівень освітленості системою загального освітлення, допускається застосування світильників місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрану та збільшення освітленості екрану більше ніж до 300 лк. Світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла із захисним кутом не меншим за 40 град. Необхідно передбачити обмеження прямої близькості від

джерела природного та штучного освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, джерела штучного світла) і перебувають у полі зору, повинна бути не більшою за 200 кд/кв. м. Необхідно обмежувати відбиту близькість шляхом правильного вибору типів світильників та розміщенням робочих місць відносно джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на моніторі не повинна перевищувати 40 кд/кв. м, яскравість стелі при застосуванні системи відбивного освітлення не повинна перевищувати 200 кд/кв. м. Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють з монітором, при цьому відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинно перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, обладнання) – 5:1.

Рівні шуму та вібрації на робочих місцях осіб, що працюють з ПК, визначаються відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях та на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками. Як засоби шумопоглинання повинні застосовуватися негорючі або важкогорючі спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот 31,5 – 8000 Гц, або інші матеріали аналогічного призначення, дозволені для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями.

Ч. 2 ст. 41 КУпАП передбачає, що порушення вимог законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці тягне за собою накладення штрафу на посадових осіб підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності – в сумі від 340 до 680 грн. Також слід зазначити, що ст. 1884 КУпАП передбачає суворішу відповідальність за невиконання законних вимог посадових осіб органів спеціально уповноваженого

центрального органу виконавчої влади з нагляду за охороною праці і тягне за собою накладення штрафу на посадових осіб підприємства в сумі до 1700 грн.

Вимоги до розташування виробничих та допоміжних приміщень

Вибираючи майданчик для будівництва підприємства, треба враховувати: аерокліматичну характеристику та рельєф місцевості, умови туманоутворення та розсіювання в атмосфері промислових викидів. Не можна розміщувати підприємства поблизу джерел водопостачання; на ділянках, забруднених органічними та радіоактивними відходами; в місцях можливих підтоплень тощо. Слід зазначити, що при виборі місця розміщення підприємства необхідно врахувати вплив вже існуючих джерел викидів та створюваного ними тла забруднення.

Вирішуючи питання зонування (умовного поділу території за функціональним використанням) великого значення слід надавати переважаючому напрямку вітрів та рельєфу місцевості. Як правило, виробничу зону розташовують з підвітряного боку відносно підсобної та інших зон. Окремі будівлі та споруди розташовуються на майданчику таким чином, щоб у місцях організованого повітрязабору системами вентиляції (кондиціонування повітря) вміст шкідливих речовин у зовнішньому повітрі не перевищував 30% ГДК для повітря робочої зони виробництв. При розташуванні будівель відносно сторін світу необхідно прагнути до створення сприятливих умов для природного освітлення. Відстань між будівлями повинна бути не менше найбільшої висоти однієї з протилежних будівель (щоб вони не затіняли одна одну).

Виробничі будівлі та споруди, як правило, розташовують за ходом виробничого процесу. При цьому їх слід групувати з урахуванням спільності санітарних та протипожежних вимог, а також з урахуванням споживання електроенергії, руху транспортних та людських потоків.

При плануванні виробничих приміщень необхідно враховувати санітарну

характеристику виробничих процесів, дотримуватись норм корисної площі для працюючих, а також нормативів площ для розташування устаткування і необхідної ширини проходів, що забезпечують безпечну роботу та зручне обслуговування устаткування.

Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно з санітарними нормами повинен складати не менше 15 м^3 , а площа приміщень — не менше $4,5 \text{ м}^2$.

Якщо в одній будові необхідно розмістити виробничі приміщення, до яких з точки зору промислової санітарії та пожежної профілактики висуваються різні вимоги, то необхідно їх групувати таким чином, щоб вони були ізольованими один від одного. Цехи, відділення та дільниці зі значними шкідливими виділеннями, надлишком тепла та пожежонебезпечні необхідно розташовувати біля зовнішніх стін будівлі і, якщо допустимо за умовами технологічного процесу та потоковістю виробництва — на верхніх поверхах багатопверхової будівлі. Не можна розташовувати нешкідливі цехи та дільниці (наприклад, механоскладальні, інструментальні, ЕОМ тощо), а також конторські приміщення над шкідливими, оскільки при відкриванні вікон газу та пари можуть проникати в ці приміщення.

Ширина основних проходів всередині цехів та дільниць повинна бути не менше $1,5 \text{ м}$, а ширина проїздів — $2,5 \text{ м}$.

Двері та ворота, що ведуть безпосередньо на двір, необхідно обладнати тамбурами або повітряними (тепловими) завісами.

Важливе значення для здорових та безпечних умов праці мають раціональне розташування основного та допоміжного устаткування, виробничих меблів, а також правильна організація робочих місць. Порядок розташування устаткування і відстань між машинами визначаються їхніми розмірами, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. Однак, у всіх випадках, до устаткування, що має електропривід, повинен бути вільний підхід з усіх сторін шириною не менше 1 м зі сторони робочої зони і $0,6 \text{ м}$ — зі сторони неробочої зони. Виробничі меблі (шафи, стелажі, столи тощо) можна ставити впритул до конструктивних елементів будівлі

— стін, колон.

Висота виробничих приміщень має бути не менше 3,2 м, а для приміщень енергетичного та складського господарства — 3 м. Відстань від підлоги до конструктивних елементів перекриття — 2,6 м. Галереї, містки, сходи і майданчики повинні бути завширшки не менше 1 м і загороджені поруччями висотою 1 м і внизу повинні мати бортики висотою 0,2 м.

Всі майданчики, які розташовані на висоті понад 260 мм від підлоги повинні мати поруччя. Санітарні металеві сходи для обслуговування обладнання встановлюються під кутом, що не перевищує 45° з відстанню між сходинками 230—260 мм і шириною сходів 250—300 мм. Для обслуговування обладнання, котре відвідується 1—2 рази на зміну і яке розташоване на майданчиках з різницею у відмітках не більше 3 м, допускається кут нахилу сходів 60° .

Ширина виходів з приміщень має бути не меншою 1 м, висота — 2,2 м. При русі транспорту через двері їх ширина повинна бути на 0,8 м більше з обох боків габариту транспорту.

Підлоги виробничих приміщень повинні бути зносостійкими, теплими, неслизькими, щільними, легко очищуватись, а в деяких цехах та дільницях — волого-, кислото- та вогнестійкими. Через підлогу в інші приміщення не повинні проникати вода, мастила, шкідливі речовини, гази.

До складу будь-якого підприємства (залежно від масштабу) повинні входити допоміжні приміщення, які поділяються на п'ять груп:

- санітарно-побутові (гардеробні, душові, умивальні, вбиральні, кімнати особистої гігієни жінок, відпочинку, паління та ін.);
- медичні (медпункти, поліклініки, профілакторії);
- громадського харчування (їдальні, буфети, кімнати для прийняття їжі);
- культурного обслуговування (бібліотеки, зали засідань, спортзали);
- адміністративні (заводоуправління, цехові контори) та конструкторські бюро.

Загальні вимоги безпеки до технічного обладнання та виробничих процесів

Безпечність виробничого устаткування

Безпечність виробничого устаткування - це властивість виробничого устаткування відповідати вимогам безпеки праці під час монтажу (демонтажу) і експлуатації в умовах, установлених нормативною документацією.

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування визначені ГОСТом 12.2.003-91. Відповідно до цього нормативного документа безпечність виробничого устаткування досягається: правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції; використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування; застосуванням у конструкції засобів захисту; дотриманням ергономічних вимог; включенням вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання устаткування; використанням у конструкції устаткування безпечних та нешкідливих матеріалів.

При проектуванні устаткування необхідно враховувати умови його експлуатації з тим, щоб при дії на нього вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин і т. ін. устаткування не ставало небезпечним.

Складові частини виробничого устаткування (приводи, трубопроводи, кабелі тощо) необхідно виконати таким чином, щоб не допустити їх випадкового пошкодження, яке може призвести до появи небезпеки. Якщо в конструкції устаткування є газо-, пневмо-, гідро- та паросистеми, то вони повинні відповідати вимогам безпеки, що є чинними для таких систем. Рухомі частини устаткування, які являють собою небезпеку, необхідно огорожувати, за винятком тих частин, огороження яких не допускається з огляду на їх функціональне призначення. У такому випадку необхідно передбачати спеціальні заходи чи засоби захисту.

Елементи устаткування, з якими може контактувати людина не повинні мати гострих країв, кутів, а також нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь. Виділення та поглинання устаткуванням тепла, а також виділення ним шкідливих речовин і вологи не повинні перевищувати гранично допустимих рівнів (концентрацій) у межах робочої зони. Конструкція устаткування повинна забезпечувати усунення або зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, інфразвуку, вібрації та різноманітних випромінювань.

Для того, щоб запобігти виникненню небезпеки при раптовому вимкненні джерел енергії, всі робочі органи, а також пристрої, які використовуються для захоплення, затискування та підймання заготовок, деталей, виробів тощо, повинні оснащуватись спеціальними захисними пристосуваннями. Причому необхідно унеможливити самочинне вмикання приводів робочих органів у разі відновлення енергопостачання.

Конструкція устаткування повинна забезпечувати захист людини від ураження електричним струмом, а також запобігати накопиченню зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях. Устаткування повинно бути оснащено засобами сигналізації про порушення нормального режиму роботи, а в необхідних випадках (аваріях, небезпечних пошкодженнях і режимах, близьких до небезпечних) - засобами автоматичної зупинки, гальмування та вимкнення від джерел енергії. Для аварійного вилучення шкідливих, отруйних, вибухо- та пожежонебезпечних речовин устаткування необхідно оснастити спеціальними пристроями.

Технічні характеристики та параметри устаткування повинні відповідати антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним та психологічним можливостям людини. Робочі місця та їх елементи, що входять у конструкцію устаткування, повинні забезпечувати зручність та безпеку працівникам. Виробниче устаткування, обслуговування якого пов'язане із переміщенням персоналу, необхідно обладнати безпечними та зручними за конструкцією і розмірами проходами, майданчиками, сходами, поручнями і т. ін.

У процесі експлуатації устаткування не повинно забруднювати навколишнього середовища шкідливими речовинами вище встановлених норм та створювати небезпеку вибуху чи пожежі.

3.1.2. Безпечність виробничих процесів

Безпечність виробничого процесу - це властивість виробничого процесу відповідати вимогам безпеки праці під час проведення його в умовах, установлених нормативною документацією.

Відповідно з ГОСТом 12.3.002-75 безпечність виробничих процесів забезпечується: правильним вибором технологічних процесів, робочих операцій та порядку обслуговування виробничого устаткування; вибором виробничих приміщень чи зовнішніх майданчиків; вибором вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів; вибором виробничого устаткування; розташуванням виробничого устаткування та організацією робочих місць; вибором способів зберігання та транспортування вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва; розподілом функцій між людиною та устаткуванням з метою зменшення важкості праці; професійним відбором та навчанням працівників; застосуванням засобів захисту працівників; включенням вимог безпеки в нормативно-технічну та технологічну документацію.

Виробничі процеси не повинні забруднювати навколишнє середовище викидами шкідливих та небезпечних речовин, а також спричинювати вибухи та пожежі. Якщо під час технологічного процесу виявляються певні небезпеки, то це зазвичай наслідки помилок, які були допущені ще на стадії його розробки та проектування. Тому при проектуванні, організації та проведенні технологічних процесів необхідно передбачати:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, які чинять на них небезпечний та шкідливий вплив;

- заміну технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих чинників, процесами та операціями, при виконанні яких ці чинники відсутні або мають меншу інтенсивність;

- застосування комплексної механізації, автоматизації та комп'ютеризації виробництва;

- застосування дистанційного керування технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих чинників у робочій зоні;

- застосування засобів колективного захисту працюючих;

- раціональну організацію праці та відпочинку з метою профілактики монотонності (одноманітності дії та сприйняття інформації) та гіподинамії (обмеження рухової активності), а також зниження важкості праці;

- своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників на окремих технологічних операціях;

- запровадження систем керування технологічними процесами, які забезпечують захист працівників та аварійне вимкнення виробничого устаткування;

- своєчасне видалення та знешкодження відходів виробництва, які є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих чинників;

- забезпечення пожежо- та вибухобезпеки.

Застосування нових нешкідливих і негорючих матеріалів, замкнутих безвідходних технологій, комплексної механізації, автоматизації, комп'ютеризації виробничих процесів, створення оптимальних умов праці сприяють усуненню або зменшенню кількості несприятливих виробничих чинників, а відтак - запобігають виникненню нещасних випадків, отруєнь, професійних захворювань, аварій та пожеж.

Загальні положення

1.1. Дія інструкції поширюється на всі підрозділи підприємства.

1.2. Інструкція розроблена на основі ДНАОП 0.00-8.03-93 "Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві", [ДНАОП 0.00-4.15-98](#) "Положення про розробку інструкцій з охорони праці", [ДНАОП 0.00-4.12-99](#) "Типове положення про навчання з питань охорони праці".

1.3. За даною інструкцією машиніст холодильних установок (далі - машиніст) інструктується перед початком роботи (первинний інструктаж), а потім через кожні 3 місяці (повторний інструктаж).

Результати інструктажу заносяться до «Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці», в журналі після проходження інструктажу повинні бути підписи особи, яка інструктує, та машиніста.

1.4. Власник повинен застрахувати машиніста від нещасних випадків та професійних захворювань.

В разі пошкодження здоров'я машиніста з вини власника, він (машиніст) має право на відшкодування заподіяної йому шкоди.

1.5. За невиконання даної інструкції машиніст несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

1.6. До роботи машиністом холодильної установки допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичне обстеження та не мають медичних протипоказань, пройшли спеціальне навчання і мають відповідне посвідчення, пройшли вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж з пожежної безпеки.

1.7. Машиніст холодильної установки повинен мати групу з електробезпеки не нижче II.

1.8. Машиніст холодильної установки повинен:

1.8.1. Знати будову та правила безпечної експлуатації холодильної установки, яку обслуговує.

1.8.2. Проходити періодичну перевірку знань не рідше одного разу на 12 місяців з відміткою у посвідченні.

- 1.8.3. Знати токсичну дію на організм людини газу в разі його витікання.
- 1.8.4. Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку.
- 1.8.5. Не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце.
- 1.8.6. Працювати тільки на тій установці, будову і правила безпечної експлуатації якої знає та по якій проінструктований.
- 1.8.7. Пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за товаришів по роботі.
- 1.8.8. Не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці.
- 1.8.9. Користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту.
- 1.8.10. Вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків.
- 1.8.11. Вміти користуватись первинними засобами пожежегасіння.
- 1.9. Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які діють на машиніста:
 - 1.9.1. Ураження електричним струмом.
 - 1.9.2. Підвищений рівень шуму, загазованості робочої зони.
 - 1.9.3. Недостатня освітленість робочої зони.
 - 1.9.4. Токсична дія пари газу.
- 1.10. Машиністу видається спецодяг та засоби індивідуального захисту: комбінезон бавовняний, рукавиці комбіновані, протигаз.
- 1.11. На кожному підприємстві наказом власника повинна бути призначена особа, відповідальна за справний стан, правильну і безпечну експлуатацію холодильних машин і установок.
- 1.12. На підприємстві повинні бути розроблені і затверджені власником інструкції з:
 - 1.12.1. Будови і безпечної експлуатації холодильних установок.
 - 1.12.2. Експлуатації холодильної системи (охолоджуючих пристроїв).
 - 1.12.3. Обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики.
 - 1.12.4. Пожежної безпеки.

1.12.5. Охорони праці (надання долікарняної допомоги у разі отруєння аміаком, дії персоналу з усунення прориву аміаку та за виникнення аварійної ситуації тощо).

13. Крім інструкцій, повинні бути розроблені і затверджені власником:

1.13.1. Річні та місячні графіки проведення планово-профілактичного ремонту.

1.13.2. Схеми аміачних, водяних та інших трубопроводів.

1.13.3. Показчики розміщення засобів індивідуального захисту.

1.13.4. Номери телефонів “швидкої допомоги”, пожежної охорони, диспетчера електромережі, міліції, начальника компресорного цеху (домашній телефон).

1.13.5. Номери телефонів і адреса організації, яка обслуговує автоматизовану холодильну установку.

1.14. Документи, вказані в пп. 1.12.-1.13, повинні знаходитись у машинному відділенні і бути доведені до відома кожного машиніста (під розпис).

1.15. У компресорному цеху повинен бути добовий журнал встановленої форми.

Журнал повинен бути пронумерований, прошнурований, стверджений печаткою підприємства, з датою і підписом начальника цеху.

1.16. Начальник компресорного цеху зобов'язаний щоденно контролювати ведення журналу, записувати до нього розпорядження обслуговуючому персоналу та розписуватись.

1.17. Вхід стороннім особам у приміщення машинного (апаратного) і конденсаторного відділень забороняється.

На видних місцях повинні бути вивішені плакати: “ВХІД ЗАБОРОНЕНО!”.

1.18. Роботи, не зв'язані з обслуговуванням холодильної установки, повинні проводитись з оформленням наряду-допуску на роботи підвищеної небезпеки.

1.19. Ремонтні роботи, а також очищення батарей при відтаюванні повинні проводитись під контролем особи, відповідальної за експлуатацію холодильної установки, або особи, яка її замінює.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Отримати завдання від керівника робіт.

2.2. Одягти спецодяг.

2.3. Разом зі змінником (при змінній роботі) перевірити стан контрольно-вимірювальних приладів, захисного огороження і заземлення, відсутність витікання аміаку і зробити відповідний запис в спеціальному журналі.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи (при експлуатації холодильних установок)

3.1. Компресори:

3.1.1. Пуск компресора в роботу - первісний, після тривалої зупинки, ремонту, профілактики, а також після зупинки його при спрацюванні приладів аварійного захисту необхідно виконувати вручну із закритим впускним вентиляем.

3.1.2. Перед пуском компресора в роботу необхідно впевнитись, що всі запірні вентилялі на нагнітальному трубопроводі від компресора до конденсатора відкриті (за винятком пуску компресора з використанням вбудованого байпаса, коли нагнітальний ventиль компресора повинен бути закритий, а ventиль байпаса відкритий, якщо це передбачено інструкцією заводу-виготівника).

3.1.3. Всмоктування пари аміаку компресорами повз віддільник рідини (або посудини, яка його замінює) не допускається.

3.1.4. Витікання аміаку через сальники компресора повинно бути усунено при його виявленні.

Відкривати компресори, демонтувати апарати, трубопроводи і арматуру дозволяється тільки після видалення з них аміаку.

Виконання цих робіт без аміачного протигаза з фільтруючою коробкою марки КД і гумових рукавичок забороняється.

3.1.5. Залишки аміаку випускають з компресора через гумовий шланг, один кінець якого надягають на спеціальний ventиль, розташований на компресорі, а другий - виводять назовні в посудину з водою (під її рівень).

3.1.6. Щоб уникнути потрапляння води в компресори під час видалення аміаку, необхідно контролювати в них тиск, не допускаючи падіння його нижче атмосферного.

3.1.7. Перегрівання пари аміаку, яка всмоктується компресором, повинно бути не менше 5°C (для одноступінчатих і ступені високого тиску двоступінчатих компресорів) і 10°C (для ступеня низького тиску двоступінчатих компресорів).

Це перегрівання визначають як різницю між температурою пари, яка вимірюється термометром перед всмоктувальним штуцером компресора, і температурою кипіння аміаку, яка визначається по тиску всмоктування за таблицею для насиченої пари аміаку.

Мановакуумметр (чи прилад для вимірювання перегріву) для вимірювання тиску всмоктування повинен вибиратися таким чином, щоб похибка при визначенні температури кипіння була не більше 5°C.

3.1.8. Для вимірювання температури пари аміаку, що нагнітається компресором, термометр повинен бути встановлений в гільзі на трубопроводі на відстані від 200 до 300 мм від патрубку чи запірною вентиля компресора.

Температура нагнітання для сучасних поршневих компресорів повинна бути не більше 160°C та 90°C для гвинтових (якщо заводською інструкцією не передбачено інше значення), а для горизонтальних тихохідних компресорів старих марок - 135°C.

3.1.9. Забороняється вприскування рідкого аміаку в всмоктувальний трубопровід поршневого компресора.

3.1.10. При зменшенні перегріву і швидкому падінні температури пари аміаку, обмерзанні всмоктуючих трубопроводів і появі інших ознак вологого ходу (в поршневому компресорі - приглушений стукіт в нагнітальних клапанах і падіння тиску змащування; в гвинтовому - зміна шуму в роботі і падіння тиску змащування; в ротаційному багатолопатевого - зміна шуму в роботі і збільшення масла в масловіддільнику) слід прийняти заходи по відключенню компресорної установки і усуненню несправності, що виникла.

3.1.11. У холодильній установці, не спорядженій захисними ресиверами, перед підключенням до працюючого компресора додаткового теплового навантаження (холодильної камери після її ремонту або відтаювання батарей тощо) слід знизити подачу рідини у випарювальну систему, закрити всмоктуючий запірний вентиль у компресора і тільки після підключення додаткового теплового навантаження поступово відкривати останній.

3.1.12. Взимку при перервах у роботі холодильної установки і можливості замерзання води необхідно її спускати з охолодних оболонок циліндрів і сальників

компресорів, водяних насосів, конденсаторів закритого типу, переохолоджувачів і інших апаратів, а також з водяних трубопроводів, для чого повинні бути передбачені спускні крани в самих низьких точках системи.

3.1.13. Усі рухомі і обертові частини устаткування повинні бути надійно огорожені суцільними або сітчастими огорожами, знімними і легкорозбірними.

Вузли і деталі огорожі повинні бути надійно закріплені і мати достатню міцність і жорсткість.

3.1.14. Доступ до рухомих частин дозволяється тільки після повної зупинки і вжиття всіх заходів щодо запобігання пуску її сторонніми особами.

Замір лінійного зазору в компресорі проводиться тільки при ручному повертанні вала.

3.1.15. На компресорах і насосах, що працюють в автоматичному режимі, повинні бути на видному місці вивішені таблички: «Обережно! Пускається автоматично!».

3.1.16. Перевірку і обкатку аміачних компресорів після монтажу і ремонту необхідно виконувати у відповідності з інструкціями заводів-виготівників.

3.1.17. На діючих холодильниках, що мають безнасосні затоплені системи безпосереднього охолодження з живленням випарювального обладнання через розміщені над ним віддільники рідини, забороняється підтримування в них рівня рідкого аміаку за наявності небезпеки викиду із системи рідини у всмоктувальну лінію компресорів при збільшенні теплового навантаження.

Якщо зазначену схему подачі рідини в охолоджуючий пристрій змінити неможливо, тоді перед компресором повинен бути встановлений додатковий віддільник рідини (сухий) із захисним ресивером.

3.1.18. Після ремонту і профілактики холодильного устаткування, а також після вимушеної зупинки компресора чергова зміна може проводити пуск його тільки після письмового дозволу начальника цеху (або особи, яка його замінює), який повинен особисто пересвідчитися, що пуск компресора можливий та безпечний.

При цьому пуск кожного компресора необхідно здійснювати вручну після попереднього дронування всмоктуючого і нагнітального трубопроводів компресора

від можливого скупчення рідкого аміаку і масла за допомогою дренажних вентилів і трубопроводів.

Перед пуском гвинтового компресора, який має пристрій для ручного регулювання продуктивності, необхідно вивести пристрій в положення мінімальної продуктивності.

3.2. Апарати (посудини):

3.2.1. Під час відсмоктування аміаку з апаратів (посудин) не дозволяється швидко (із швидкістю зниження температури більше 30°C на годину) знижувати в них тиск для запобігання зниження механічної міцності їх стінок з причини різкого зниження температури.

3.2.2. Необхідно систематично усувати лід, що створюється взимку на зрошувальних конденсаторах, градирнях, драбинах, площадках для їх обслуговування.

3.2.3. Механічне очищення від водяного каменя труб конденсатора повинно виконуватись під керівництвом начальника цеху і тільки після звільнення конденсатора від аміаку.

Не рідше одного разу на місяць необхідно перевіряти воду, що відходить з конденсатора, на наявність аміаку.

3.2.4. Окремо розташовані апаратні і конденсаторні приміщення повинні зачинятись на ключ, який має знаходитися у чергового зміни холодильної установки.

3.2.5. При охолодженні води в кожухотрубних випарниках температура кипіння аміаку повинна бути не менше 2°C.

3.2.6. У системах охолодження з проміжним теплоносієм необхідно періодично (не рідше одного разу на місяць) перевіряти його на наявність аміаку у ньому.

3.2.7. Масло з масловіддільників (за відсутності автоматичного перепуску в картер компресора) і апаратів сторін високого і низького тиску необхідно періодично пропускати в маслозбірники. З маслозбірників воно повинно випускатися при тиску, близькому до атмосферного - вище його на 0,01...0,02 МПа

(0,1...0,2 кг/см²) після відсмоктування пари аміаку через пристрій для відділення рідини.

Випускати масло безпосередньо із апаратів (посудин) холодильної установки забороняється.

На маслозбірниках мають бути встановлені мановакуумметри.

3.2.8. Повітря і інші гази, що не конденсуються, повинні випускатися із системи в посудину з водою через спеціально встановлений апарат - повітровіддільник.

17. МОНРЕАЛЬСЬКИЙ ПРОТОКОЛ

Для цілей цього Протоколу:

(1) "Конвенція" означає [Віденську конвенцію](#) про охорону озонового шару, прийняту 22 березня 1985 року.

(2) "Сторони", якщо контекст не передбачає іншого, означає Сторони цього Протоколу.

(3) "Секретаріат" означає секретаріат Конвенції.

(4) "Речовина, яка регулюється" означає будь-яку речовину, зазначену в Додатку А або в Додатку В до цього Протоколу, яка існує самостійно або в суміші. Це поняття включає ізомери таких речовин, за винятком речовин, зазначених у відповідному додатку, але не відноситься до будь-яких таких речовин або сумішей, які є складовою частиною готового продукту, що має іншу форму, ніж ємкість, яка використовується для транспортування або зберігання згаданої речовини.

(пункт 4 статті 1 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(5) "Виробництво" означає кількість вироблених речовин, які регулюються, за відрахуванням тієї кількості речовин, яка знищується із застосуванням технології, яка підлягає затвердженню Сторонами, а також тієї кількості речовин, яка використовується виключно як сировина для виробництва хімічних речовин. Кількість речовин, які піддаються рециркуляції та обліку, не розглядається як "виробництво".

(пункт 5 статті 1 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(6) "Споживання" означає виробництво плюс імпорт мінус експорт речовин, які регулюються.

(7) "Розрахункові рівні" виробництва, імпорту, експорту і споживання означають рівні, визначені згідно зі Статтею 3.

(8) "Раціоналізація виробництва" означає передачу всього або частини розрахункового рівня виробництва від однієї Сторони іншій Стороні з метою

забезпечення економічної ефективності або покриття очікуваного незадоволеного попиту внаслідок закриття підприємства.

(9) "Перехідна речовина" означає речовину, зазначену в Додатку С до цього Протоколу, яка існує самостійно або в суміші. Це відноситься до ізомерів будь-якої такої речовини, за винятком речовин, перелічених в Додатку С, але не відноситься до будь-яких таких речовин або сумішей, які є складовою частиною готового продукту, який має іншу форму, ніж ємкість, яка використовується для транспортування або зберігання згаданих речовин.

(статтю 1 доповнено пунктом 9 згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 2

Заходи регулювання

(1) Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, починаючи в перший день сьомого місяця після дати набуття чинності цим Протоколом, і за кожний наступний період дванадцяти місяців розрахунковий рівень її споживання регульованих речовин групи I у Додатку А не перевищував розрахунковий рівень її споживання в 1986 році. До кінця того ж періоду кожна Сторона, що виробляє одну або декілька з цих речовин, забезпечує, щоб розрахунковий рівень виробництва нею цих речовин не перевищував розрахунковий рівень її виробництва в 1986 році, за винятком того, що цей рівень може зрости, але не більш ніж на десять відсотків порівняно з рівнем 1986 року. Таке зростання допускається тільки тоді, коли це необхідно для задоволення основних внутрішніх потреб Сторін, діючих у рамках Статті 5, і для цілей раціоналізації розподілу промислового виробництва між Сторонами.

(2) Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, що починається в перший день тридцять сьомого місяця після дати набуття чинності цим Протоколом, і за кожний наступний період дванадцяти місяців розрахунковий рівень споживання регульованих речовин, включених у групу II у Додатку А, не перевищував розрахунковий рівень її споживання в 1986 році. Кожна Сторона, що виробляє одну або декілька з цих речовин, забезпечує, щоб

розрахунковий рівень виробництва нею цих речовин не перевищував розрахунковий рівень її виробництва в 1986 році, за винятком того, що цей рівень може зрости, але не більше ніж на десять відсотків порівняно з рівнем 1986 року. Таке зростання допускається тільки тоді, коли це необхідно для задоволення основних внутрішніх потреб Сторін, діючих у рамках Статті 5, і для цілей раціоналізації розподілу промислового виробництва між Сторонами. Механізм застосування цих заходів буде визначений Сторонами на їхній першій нараді після проведення першого наукового огляду.

(3) Кожна Сторона забезпечує, щоб за період з 1 липня 1993 року по 30 червня 1994 року і за кожний наступний період дванадцяти місяців розрахунковий рівень споживання нею регульованих речовин групи I у Додатку А не перевищував щорічно вісімдесяти відсотків розрахункового рівня її споживання в 1986 році. Кожна Сторона, яка виробляє одну або декілька з цих речовин, за ті ж періоди забезпечує, щоб розрахунковий рівень виробництва нею цих речовин не перевищував щорічно вісімдесяти відсотків розрахункового рівня її виробництва в 1986 році.

Однак для задоволення основних внутрішніх потреб Сторін, діючих у рамках положень Статті 5, і для цілей раціоналізації розподілу промислового виробництва між Сторонами розрахунковий рівень її виробництва може перевищувати цю межу, але не більше ніж на десять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1986 році.

(4) Кожна Сторона забезпечує, щоб за період з 1 липня 1998 року по 30 червня 1999 року і за кожний наступний період дванадцяти місяців розрахунковий рівень споживання нею регульованих речовин групи 1 у Додатку А не перевищував щорічно п'ятдесяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1986 році. Кожна Сторона, яка виробляє одну або декілька з цих речовин, за ті ж періоди забезпечує, щоб розрахунковий рівень виробництва нею регульованих речовин не перевищував щорічно п'ятдесяти відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1986 році. Однак для задоволення основних внутрішніх потреб Сторін, діючих у рамках Статті 5, і

для цілей раціоналізації розподілу промислового виробництва між Сторонами її розрахунковий рівень виробництва може перевищувати цю межу, але не більше ніж на п'ятнадцять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1986 році. Даний пункт застосовується в тому випадку, якщо Сторони не приймуть іншого рішення на одній із своїх нарад більшістю в дві третини присутніх і беручих участь у голосуванні Сторін, які представляють не менше двох третин загального розрахункового рівня споживання Сторонами цих речовин. Це рішення розглядається і приймається в світлі оцінок, указаних у Статті 6.

(5) Будь-яка Сторона може в рамках будь-якого одиничного або кількох періодів регулювання передати будь-якій іншій Стороні будь-яку частину квоти свого розрахункового рівня виробництва, зазначеного в Статтях 2А та 2Е, за умов, що загальний сумарний розрахунковий рівень виробництва для цих Сторін в будь-якій групі речовин, які регулюються, не виходить за межі обмеження виробництва, яке встановлене цими Статтями для цієї групи речовин. Кожна Сторона, що приймає участь в цьому процесі, повідомляє секретаріат про таку передачу, заявляючи про умови та період, протягом якого діє така передача.

(пункт 5 статті 2 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(6) Будь-яка Сторона, яка не діє в рамках Статті 5 і має потужності для виробництва регульованих речовин, перелічених в Додатку А або Додатку В, що знаходяться у стадії будівництва або по яких прийняті контрактні зобов'язання до 16 вересня 1987 року та які передбачені національним законодавством до 1 січня 1987 року, може додати продукцію таких потужностей до свого базового рівня виробництва таких речовин в 1986 році з метою визначення свого розрахункового рівня виробництва в 1986 році, за умови, що будівництво таких потужностей буде завершено до 31 грудня 1990 року і таке виробництво не призведе до збільшення щорічного споживання регульованих речовин цією Стороною понад 0,5 кілограма на душу населення.

(пункт 6 статті 2 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

(7) Повідомлення про будь-яку передачу виробництва згідно з пунктом (5) або будь-якому збільшенні виробництва згідно з пунктом (6) направляється секретаріату не пізніше моменту такої передачі.

(8) а) Будь-які Сторони, які є державами - членами регіональних організацій з економічної інтеграції згідно з визначенням у пункті (6) Статті 1 Конвенції, можуть постановити, що вони спільно виконують свої зобов'язання щодо споживання в рамках цієї Статті та Статей 2А - 2Е, за умови, що їх спільний сумарний розрахунковий рівень споживання не перевищує рівнів, зазначених у цій Статті;

(пункт 8а) статті 2 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

б) Сторони будь-якої такої угоди повідомляють секретаріату про умови такої угоди до дати скорочення споживання, що є предметом угоди;

с) така угода набуває чинності лише в тому випадку, якщо всі держави - члени цієї регіональної організації з економічної інтеграції і сама регіональна організація є Сторонами Протоколу і повідомили секретаріат про те, яким чином вони забезпечують його виконання.

(9) а) На основі оцінок, які проводяться згідно зі Статтею 6, Сторони можуть прийняти рішення, чи слід:

(і) забезпечити корегування розрахункових коефіцієнтів озоноруйнівної спроможності, вказаних у Додатку А та/або Додаток В, і якщо так, то яку; і

(пункт 9а) і) статті 2 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

(іі) чи слід проводити подальше корегування і скорочення виробництва або споживання регульованих речовин у порівнянні з рівнями 1986 року, і якщо так, то в яких масштабах, обсягах і в які строки в порівнянні з рівнями 1986 року;

(пункт 9а) іі) статті 2 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

b) пропозиції про таке корегування повідомляються Сторонам секретаріатом принаймні за шість місяці до початку наради Сторін, на якій вони представляються до затвердження;

c) приймаючи такі рішення, Сторони докладають усіх зусиль для досягнення домовленості шляхом консенсусу. Якщо, незважаючи на вжиття всіх зусиль з метою досягнення консенсусу, угоди все ж таки не досягнуто, рішення приймаються, як крайній захід, більшістю в дві третини присутніх і беручих участь у голосуванні Сторін, що представляють більшість Сторін, які діють в рамках пункту 1 Статті 5, що присутні та приймають участь в голосуванні, та більшість Сторін, які не діють в рамках цього пункту, що присутні та приймають участь в голосуванні;

(пункт 9с) статті 2 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

d) рішення, які є обов'язковими для всіх Сторін, негайно повідомляються Сторонам депозитарієм. Якщо в рішеннях не обумовлюється інше, рішення набувають чинності по закінченні шести місяців, починаючи з дати розповсюдження повідомлень депозитарієм.

(10) На основі оцінок, які проводяться згідно зі Статтею 6, і згідно з процедурою, викладеною в [Статті 9](#) Конвенції, Сторони можуть прийняти рішення:

(i) чи слід будь-які речовини і, якщо так, то які, внести в будь-які додатки до цього Протоколу або вилучити з них; і

(ii) про механізм, масштаби і строки вжиття заходів регулювання стосовно означених речовин;

Пункт 10b) виключено

(згідно з Протоколом від 29.06.90 р., у зв'язку з цим пункт 10а) вважати пунктом 10)

(11) Незважаючи на положення, що містяться в цій Статті та Статті 2А - 2Е, Сторони можуть вживати більш суворі заходи у порівнянні із заходами, яких вимагає ця Стаття та Статті 2А - 2Е.

(пункт 11 статті 2 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 2С: Інші повністю галогенізовані ХФВ

1. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 1993 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовин, які регулюються, включених до групи I в Додатку В, не перевищував восьмидесяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Кожна сторона, що виробляє одну або кілька із цих речовин, за той же період забезпечує, щоб щорічний розрахунковий рівень її виробництва цих речовин не перевищував восьмидесяти відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, що діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень їх виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на десять відсотків від розрахункового рівня їх виробництва в 1989 році.

2. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, що починається з 1 січня 1997 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовин, які регулюються, включених до групи I в Додатку В, не перевищував п'ятнадцяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Кожна Сторона, що виробляє одну або кілька цих речовин, за ті ж періоди забезпечує, щоб щорічний розрахунковий рівень виробництва нею цих речовин не перевищував п'ятнадцяти відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, які діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень їх виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на десять відсотків від розрахункового рівня їх виробництва в 1989 році.

3. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, що починається 1 січня 2000 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців, розрахунковий рівень споживання нею речовин, які регулюються, що

включені до групи I в Додатку В, не перевищував нульового рівня. Кожна Сторона, що виробляє одну або кілька із цих речовин, за той же період забезпечує, щоб розрахунковий рівень виробництва нею цих речовин не перевищував нульового рівня. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, що діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень їх виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на п'ятнадцять відсотків від розрахункового рівня їх виробництва в 1989 році.

(Протокол доповнено статтею 2С згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 2D: Тетрахлорметан

1. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 1995 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовини, яка регулюється, включеної до групи II в Додатку В, не перевищував п'ятнадцяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Кожна Сторона, що виробляє цю речовину, за ті ж періоди забезпечує, щоб щорічний розрахунковий рівень виробництва нею цієї речовини не перевищував п'ятнадцяти відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році.

Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, що діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень її виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на десять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році.

2. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 2000 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців розрахунковий рівень споживання нею речовини, яка регулюється і включена до групи II в Додатку В, не перевищував нульового рівня. Кожна Сторона, яка виробляє цю речовину, за ті ж періоди забезпечує, щоб розрахунковий рівень виробництва нею цих речовин не перевищував нульового рівня. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, що діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень її виробництва може

перевищувати цю межу, але не більше, ніж на п'ятнадцять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році.

(Протокол доповнено статтею 2D згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 2E: 1,1,1 - трихлоретан (метилхлороформ)

1. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 1993 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовини, яка регулюється, включеної до групи III в Додатку В, не перевищував розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Кожна Сторона, яка виробляє цю речовину, за ті ж періоди забезпечує, щоб щорічний розрахунковий рівень її виробництва цієї речовини не перевищував розрахункового рівня її виробництва в 1989 році. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, що діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень виробництва нею може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на десять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році.

2. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 1995 року, та за кожний наступний період щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовин, які регулюються, включених до групи III в Додатку В, не перевищував семидесяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Кожна Сторона, яка виробляє цю речовину, за ті ж періоди забезпечує, щоб щорічний розрахунковий рівень її виробництва цієї речовини не перевищував семидесяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, які діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень її виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на десять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році.

3. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 2000 року, та за кожний наступний період щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовини, яка регулюється, включеної

до групи III в Додатку В, не перевищував тридцяти відсотків від розрахункового рівня її споживання в 1989 році. Кожна Сторона, яка виробляє цю речовину, за ті ж періоди забезпечує, щоб щорічний розрахунковий рівень виробництва нею цієї речовини не перевищував тридцяти відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, які діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень її виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на десять відсотків від розрахункового рівня її виробництва в 1989 році.

4. Кожна Сторона забезпечує, щоб за період дванадцяти місяців, який починається 1 січня 2005 року, та за кожний наступний період дванадцяти місяців щорічний розрахунковий рівень споживання нею речовини, яка регулюється, включеної до групи III в Додатку В, не перевищував нульового рівня. Кожна Сторона, що виробляє цю речовину, за ті ж періоди забезпечує, щоб розрахунковий рівень виробництва нею цієї речовини не перевищував нульового рівня. Однак, для задоволення головних внутрішніх потреб Сторін, що діють в рамках пункту 1 Статті 5, розрахунковий рівень її виробництва може перевищувати цю межу, але не більше, ніж на п'ятнадцять відсотків від розрахункового рівня виробництва в 1989 році.

5. В 1992 році Сторони розглянуть можливість прискорення графіка скорочень в порівнянні з тим, який передбачений цією Статтею.

(Протокол доповнено статтею 2Е згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 3

Розрахунок регульованих рівнів

Для цілей Статей 2, 2А - 2Е і 5 кожна Сторона для кожної групи речовин у Додатку А або Додатку В визначає свої розрахункові рівні:

а) виробництва шляхом:

(і) множення свого річного виробництва кожної регульованої речовини на показник озоноруйнівної здатності, вказаної для нього в Додатку А або Додатку В; і

(ii) підсумовування одержаних показників по кожній групі;

b) відповідно імпорту та експорту, застосовуючи *mutatis mutandis*, процедуру, визначену в підпункті а);

с) споживання регульованих речовин шляхом підсумовування своїх розрахункових рівнів виробництва та імпорту і віднімання свого розрахункового рівня експорту, що визначені згідно з підпунктами а) і b). Однак, починаючи з 1 січня 1993 року, експорт регульованих речовин у країни, які не є Сторонами, не підлягає вирахуванню при обчисленні рівня споживання Сторони, що експортує.

(стаття 3 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 4

Регулювання торгівлі з державами, які не є Сторонами

(1) Починаючи з 1 січня 1990 року кожна Сторона забороняє імпорт речовин, які регулюються, перелічених в Додатку А, із будь-якої держави, яка не є Стороною цього Протоколу.

1 біс. Протягом одного року після дати набрання чинності цього пункту кожна Сторона забороняє імпорт речовин, які регулюються, перелічених в Додатку В, із будь-якої держави, яка не є Стороною цього Протоколу.

(пункт 1 статті 4 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(2) Починаючи з 1 січня 1993 року кожна Сторона забороняє експорт будь-яких речовин, які регулюються, перелічених в Додатку А, до будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу.

2 біс. По закінченні одного року від дати набрання чинності цього пункту кожна Сторона забороняє експорт будь-яких речовин, які регулюються, перелічених в Додатку В, до будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу.

(пункт 2 статті 4 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(3) До 1 січня 1992 року Сторони згідно із положеннями, передбаченими в [Статті 10](#) Конвенції, підготують у вигляді додатка перелік продуктів, що містять речовини, які регулюються, перелічені в Додатку А. Сторони, які не

висловили заперечень проти цього додатка, згідно із зазначеними процедурами в межах одного року після набрання чинності цього додатка забороняють імпорт таких продуктів із будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу.

3 бiс. В межах трьох років від дати набрання чинності цього пункту Сторони згідно із процедурами, встановленими в Статті 10 Конвенції, складають як додаток перелік продуктів, що вміщують речовини, які регулюються, включені до додатка В. Сторони, які не висловили заперечень проти цього додатка, згідно з цими процедурами забороняють в межах одного року з моменту набрання чинності цього додатка імпорт цих продуктів із будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу.

(пункт 3 статті 4 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(4) До 1 січня 1994 року Сторони визначають практичну можливість заборони або обмеження імпорту продуктів, що виробляються на основі речовин, які регулюються, перелічених в Додатку А, але які не вміщують їх, із держав, що не є Сторонами цього Протоколу. Сторони, якщо вони вважатимуть це за можливе, згідно з процедурами, зазначеними в Статті 10 Конвенції, готують у вигляді додатка список таких речовин. Сторони, які не висловили проти нього заперечень згідно із зазначеними процедурами, забороняють в межах одного року після набрання чинності додатка імпорт таких продуктів із будь-якої держави, яка не є Стороною цього Протоколу.

4 бiс. В межах п'яти років від дати набрання чинності цього пункту Сторони визначають практичну можливість заборони або обмеження імпорту продуктів, що виробляються на основі речовин, перелічених в Додатку В, які регулюються, але не вміщують їх, із держав, що є Сторонами цього Протоколу. Сторони, якщо вони вважатимуть це за можливе, згідно із процедурами, зазначеними в Статті 10 Конвенції, готують у вигляді додатка список таких речовин. Сторони, які не висловили заперечень проти нього, згідно із зазначеними процедурами забороняють або обмежують в межах одного року

після набрання чинності додатка імпорт таких продуктів із будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу.

(пункт 4 статті 4 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(5) Кожна Сторона зобов'язується по можливості не заохочувати експорт до будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу, технології для виробництва та використання речовин, які регулюються.

(пункт 5 статті 4 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(6) Кожна Сторона утримується від надання державам, що не є Сторонами цього Протоколу, нових субсидій, допомоги, кредитів, гарантій або програм страхування для експорту продуктів, обладнання, установок або технології, які сприяли б виробництву регульованих речовин.

(7) Пункти (5) і (6) не застосовуються до продуктів, обладнання, установок або технологій, які сприяють безпечному зберіганню, утилізації, рециркуляції або знищенню регульованих речовин, прискорюють пошук альтернативних речовин, або іншим чином сприяють скороченню викидів регульованих речовин.

8. Незважаючи на положення цієї Статті, імпорт, про який іде мова в пунктах 1, 1 біс, 3, 3 біс, 4 та 4 біс, та експорт, про який іде мова в пунктах 2 та 2 біс, можуть бути дозволені із будь-якої держави, що не є Стороною цього Протоколу, або до будь-якої такої держави, якщо Нарада Сторін визначає, що ця держава повністю виконує положення Статті 2, Статей 2А - 2Е та цієї Статті, та якщо вона надала дані про це, як це встановлено в Статті 7.

(пункт 8 статті 4 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

(9) Для цілей цієї Статті під терміном "держава, що не є Стороною цього Протоколу", розуміється у відношенні будь-якої конкретної речовини, яка регулюється, держава або регіональна організація з економічної інтеграції, які не погодились бути зв'язаними заходами регулювання, що діють у відношенні цієї речовини.

(статтю 4 доповнено пунктом 9 згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

Стаття 5 Особливе положення країн, що розвиваються

(1) Будь-яка Сторона, що є країною, яка розвивається, чий щорічний розрахунковий рівень споживання речовин, які регулюються, зазначених в Додатку А, складає менше 0,3 кілограма на душу населення на дату набрання чинності для неї Протоколу або в будь-який наступний період до 1 січня 1999 року, має право з метою задоволення своїх головних внутрішніх потреб відстрочити на десять років дотримання заходів регулювання, передбачених в Статтях 2А - 2Е.

(2) Однак, будь-яка Сторона, яка діє в рамках пункту 1 цієї Статті, не повинна перевищувати ні розрахункового рівня споживання речовин, які регулюються, зазначених в Додатку А, понад 0,3 кілограма на душу населення, ні щорічного розрахункового рівня споживання речовин, які регулюються, зазначених в Додатку В, понад 0,2 кілограма на душу населення.

(3) В випадку застосування заходів регулювання згідно із Статтями 2А - 2Е, будь-яка Сторона, що діє в рамках пункту 1 цієї Статті, має право використовувати:

а) для речовин, які регулюються, зазначених в Додатку А, або розрахунковий середньорічний рівень свого споживання за період з 1995 по 1997 рік включно, або розрахунковий рівень споживання в обсязі 0,3 кілограма на душу населення в залежності від того, який рівень є меншим, як основу для визначення критерія дотримання нею заходів регулювання;

б) для речовин, які регулюються, зазначених в Додатку В, або розрахунковий середньорічний рівень свого споживання за період з 1998 по 2000 рік включно, або розрахунковий рівень споживання в обсязі 0,2 кілограма на душу населення в залежності від того, який рівень є меншим, як основа для визначення критерія дотримання нею заходів регулювання.

(4) Якщо Сторона, яка діє в рамках пункту 1 цієї Статті, в будь-який момент до набрання чинності для неї зобов'язань по заходах регулювання, передбачених в Статтях 2А - 2Е, виявляє неможливість отримання достатньої кількості речовин, які регулюються, вона може повідомити про це секретаріат. Секретаріат негайно направляє примірник такого повідомлення Сторонам, які

розглядають це питання на наступній нараді та приймають рішення про належні заходи.

(5) Забезпечення здатності виконувати зобов'язання Сторін, які діють в рамках пункту 1 цієї Статті, із дотримання заходів регулювання, передбачених Статтями 2А - 2Е, та їх здійснення цими Сторонами буде залежати від ефективного здійснення фінансового співробітництва, передбаченого Статтею 10, та передачі технології, як це передбачено Статтею 10.

(6) Будь-яка Сторона, яка діє в рамках пункту 1 цієї Статті, може в будь-який момент повідомити в письмовій формі секретаріат про те, що, незважаючи на прийняття всіх практично можливих кроків, вона, однак, вважає себе не в змозі виконати будь-яке або всі зобов'язання із заходів регулювання, передбачених Статтями 2А - 2Е, у зв'язку з недостатньо точним виконанням Статті 10 та 10А.

Секретаріат негайно направляє примірник цього повідомлення Сторонам, які розглядають це питання на наступній Нараді з належним врахуванням пункту 5 цієї Статті та приймають рішення про необхідні заходи.

(7) В період між отриманням повідомлення та проведенням Нарادي Сторін, на якій повинні бути прийняті рішення про необхідні заходи, згадані в пункті 6 вище, або на будь-який наступний період до Сторони, яка повідомляє, за рішенням Нарادي Сторін не застосовуються процедури, пов'язані з недотриманням, про які говориться в Статті 8.

(8) Нарада Сторін не пізніше 1995 року проведе огляд положення Сторін, які діють в рамках пункту 1 цієї Статті, в тому числі ефективного здійснення фінансового співробітництва та передачу їм технології, та проведе будь-які перегляди, які можуть вважатися за необхідне у відношенні графіка заходів регулювання, що застосовуються до цих Сторін.

(9) Рішення Сторін, про які йдеться в пунктах 4, 6 та 7 цієї Статті, приймаються згідно з тією ж процедурою, яка розповсюджується на прийняття рішень в рамках Статті 10.

(стаття 5 в редакції Протоколу від 29.06.90 р.)

Стаття 6

Оцінка і огляд заходів регулювання

Починаючи з 1990 року і потім не рідше одного разу на чотири роки Сторони проводять оцінку заходів регулювання, що передбачаються в Статті 2, Статтях 2А - 2Е, а також положення з виробництвом, імпортом та експортом перехідних речовин групи I Додатка С, на основі наявної наукової, екологічної, технічної та економічної інформації. Не менше ніж за рік до проведення кожної оцінки Сторони скликають відповідні групи кваліфікованих експертів у згаданих сферах і визначають склад і коло ведення кожної такої групи. Протягом одного року з моменту свого скликання групи через секретаріат доводять свої висновки до відома Сторін.

(стаття 6 із змінами, внесеними згідно з Протоколом від 29.06.90 р.)

18. Тривимірне моделювання камер шокової заморозки

Протягом останніх років значної популярності набула технологія шокової заморозки харчових продуктів. Ця технологія є найкращим засобом для того, щоб якнайдовше зберегти продукти. Такий спосіб заморожування передбачає обробку продукту низькою температурою повітря (-35...-40 °С) за невеликий проміжок часу. Шокова заморозка дозволяє максимально зменшити ріст бактерій всередині продукту, таким чином, термін зберігання продукції збільшується на 20-30 %.

Швидке заморожування дає можливість зберегти первинний смак продукції та її вигляд. В процесі заморожування молекули води формують кристали. При звичайному заморожуванні формуються макрокристали, які руйнують кліткову структуру продукту, що погано впливає на його органолептичні якості. Особливо негативними є наслідки формування макрокристалів при заморожуванні м'ясних продуктів, оскільки великі кристали руйнують структуру волокнистих тканин та клітинних стінок. При розморожуванні таке м'ясо має розрихлену структуру, з нього інтенсивно виділяється сік, втрачаються харчові якості.

За рахунок того, що процес шокової заморозки відбувається швидко, молекули води формують мікрোকристали і продукція зберігає свій смак та аромат.

Для промислової реалізації технології шокової заморозки переважно використовуються камери тунельного типу. Типовий швидко морозильний тунель поздовжнього потоку зображено на рис.1. та 2.

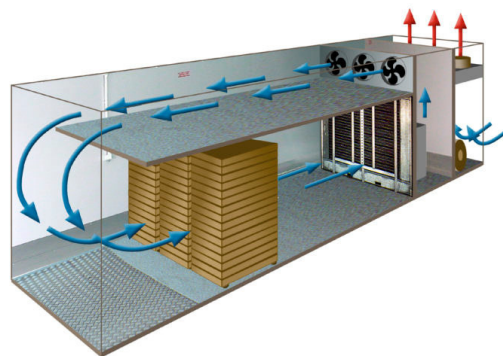


Рис.1. Тунельна камера поздовжнього типу 1 з індивідуальним холодильним блоком.

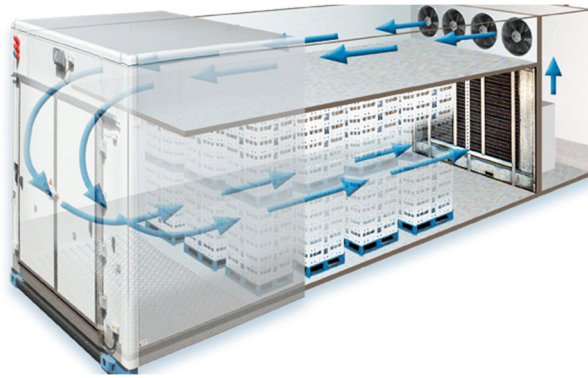


Рис.2. Тунельна камера поздовжнього типу 2 з повітроохолодником.

Як видно з рис.1 та 2. продукти у кейджах на піддонах розміщуються уздовж тунелю, який розділяється частковим стельовим перекриттям. Вказане перекриття формує направлений потік охолодженого у повітроохолоднику до $-35...-45^{\circ}\text{C}$ від самого повітроохолодника вище розподільчого стельового перекриття, повертаючи вниз і далі у зворотному напрямку, охолоджуючи продукти і теплюючись до входу до повітроохолодника. Таким чином маємо безперервну циркуляцію повітря.

Крім описаних вище наявні також конструкції камер шоквої заморозки із стельовим розміщенням повітроохолодників. Такі конструкції використовуються при наявності централізованої системи постачання холодоагента та наявності низки камер помірної виробничої потужності.

Досвід використання камер шоквої заморозки свідчить про наступне.

1. Критичним для проектування та експлуатації камер є визначення тривалості циклу заморозки при оптимальному завантаженні камери;
2. Оптимальне розміщення приладів охолодження у камері та забезпечення ефективного обтікання вантажів високоскоросним потоком холодного повітря для забезпечення найменшої тривалості циклу заморожування;
3. Теплове навантаження камер шоквої заморозки у часі є вкрай нерівномірним і змінюється від максимального і далі поступово зменшується до мінімального при закінченні циклу заморожування, оскільки теплонадходження від вантажів зменшується поступово по мірі їх заморожування;

4. Для забезпечення максимальної досяжної рівномірності загального холодильного навантаження м'ясопереробного підприємства, яке має у своєму складі камери заморожування, необхідно мати оптимальну кількість камер (число визначається потужністю камер заморожування). Це забезпечить накладення пилкоподібних графіків холодоспоживання різних камер та вирівнювання сумарної кривої холодоспоживання.

Використання пакету прикладних програм ANSYS для вирішення задач механіки рідини і газу, тепло- та масопереносу

Історичний огляд

Розвиток обчислювальної гідрогазодинаміки (CFD) почався з появою комп'ютерів на початку 50-х років минулого століття [2].

1958 – 1967 роки: Los Alamos Scientific Lab. (Group T-3) - закладені основи таких чисельних методів, як Particle-in-Cell, Marker-and-Cell та ін.

1960–1970 роки: D.B.Spalding та ін.: k-ε-модель турбулентності, алгоритм SIMPLE, модель обриву вихора при горінні (Eddy-Break-Up).

1980 роки: поява перших комерційних CFD-кодів загального призначення PHOENICS, FLUENT, FIDAP, STAR-CD, CFX.

1990 роки: початок бурхливого розвитку індустрії CFD-кодів, що викликане зростанням продуктивності комп'ютерів (закон Мура: продуктивність подвоюється кожні 1,5-2 роки). CFD-коди стають інструментом для інженерів-конструкторів. У даний час активно розвивається (за кордоном) індустрія пакетів програм (CFDcodes). Світові лідери – ANSYS CFX (позиції якого стали домінуючими після поглинання Fluent Inc.), CD adapco Group (пакети StarCD, StarCCM+) та ін. Для подальшого розповсюдження застосування CFD-кодів у промисловості як необхідної ланки процесу конструювання, виробництва і підтримки продукту необхідні спрощення і автоматизація процедури їх використання, особливо імпорту геометрії, генерації сітки і контролю процесу

розв'язання. Важливу роль тут виконує подальший розвиток моделей турбулентності, особливо турбулентного теплоперенесення. Сучасні тенденції: інтеграція з сім'єю пакетів програм для інженерів-конструкторів CAD.

У даний час обчислювальна гідродинаміка є однією з гілок сучасної гідродинаміки, в якій можна виділити три напрямки:

1) теоретична гідрогазодинаміка: точні розв'язки рівнянь Нав'є-Стокса, побудова рішень за допомогою асимптотичних методів (теорія примежового шару, теорія груп та ін.) і методів статистичної фізики (теорія турбулентності);

2) експериментальна гідрогазодинаміка: отримання нової інформації про властивості потоків, перевірка справедливості і придатності наближених розв'язків рівнянь гідрогазодинаміки;

3) обчислювальна гідрогазодинаміка: доповнення експериментальної і теоретичної гідродинаміки – альтернативний і економічно ефективний засіб моделювання реальних течій.

Переваги CFD перед експериментальною гідрогазодинамікою:

1) зниження часу попередньої підготовки при проектуванні і при розробленні;

2) можливість моделювання умов течій, які важко відтворюються в експерименті;

3) отримання ширшої і докладнішої інформації про фізичні величини потоку;

4) менша вартість робіт.

Сфери застосування:

1) аерокосмічна індустрія;

2) автомобільна промисловість;

3) медицина і біомедицина;

4) хімічна промисловість;

5) виробництво товарів споживання;

6) охолодження електронних приладів;

7) задачі динаміки навколишнього середовища;

- 8) харчова промисловість;
- 9) енергетика;
- 10) машинобудування;
- 11) металургія;
- 12) нафтогазовий комплекс;
- 13) виробництво полімерів;

Чисельне розв'язання одновимірної задачі теплопровідності

Для отримання стаціонарної одновимірної задачі теплопровідності [3] припустимо, що температура T залежить тільки від координати x . Основне диференціальне рівняння може бути записане у вигляді

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) + S = 0, \quad (10.1)$$

де k - теплопровідність; S - джерельний член, який описує потужність тепловиділення в одиниці об'єму середовища. Для початку припустимо, що k і S - сталі.

В метю отримання чисельного розв'язку рівняння (10.1) вибираємо множину точок уздовж осі x і шукаємо значення температури в них. Цю множину назвемо «розрахунковою сіткою», а точки - «розрахунковими точками». На рис. 3 показаний набір розрахункових точок, розміщених на однаковій відстані одна від одної і позначених як $i-1$, i , $i+1$ і т.д.

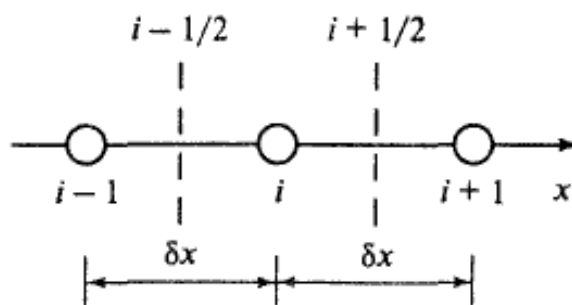


Рисунок 3 - Рівномірна розрахункова сітка для одновимірної задачі

Аналітичним розв'язком рівняння (3.1) є вираз для температури T , яка залежить від x . Чисельний розв'язок, навпаки, виходить у формі чисельних значень T в кінцевому числі розрахункових точок. Дискретні значення T_{i-1} , T_i , T_{i+1} для

будь-якого i знаходяться із системи алгебраїчних рівнянь, які називаються дискретними аналогами диференціального рівняння (10.1).

Коли розрахункова область містить невелике число розрахункових точок, дискретні аналоги є грубою апроксимацією диференціального рівняння. При цьому одержаний чисельний розв'язок звичайно не збігається з точним розв'язком диференціального рівняння. При збільшенні числа розрахункових точок чисельний розв'язок стає коректнішим і наближається до точного. Для багатьох задач використання навіть невеликого числа розрахункових точок приводить до розв'язків, які достатньо точні для практичних цілей, що буде продемонстровано в цьому та інших розділах.

Для одновимірної задачі стаціонарної теплопровідності рівняння (10.1) звичайно може бути розв'язане аналітично. Проте для складних багатовимірних задач дуже важко або взагалі неможливо одержати аналітичний розв'язок. У цих випадках альтернативою є чисельний метод.

Перевага чисельного методу полягає в заміщенні диференціального рівняння системою алгебраїчних рівнянь, яку можна розв'язати за допомогою комп'ютера.

Математичне моделювання аерогідродинаміки і тепломасоперенесення

Рівняння перенесення, які впливають із законів збереження маси, імпульсу, енергії

Рівняння нерозривності

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0. \quad (10.2)$$

Рівняння перенесення імпульсу

$$\rho \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = \rho f_i + \frac{\partial \Pi_{ij}}{\partial x_j} - \frac{\partial p}{\partial x_i}. \quad (10.3)$$

Тензор напружень ньютонівської рідини

$$\Pi_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) + \zeta \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k}. \quad (10.4)$$

Тензор напружень реологічного або турбулентного середовища

$$\Pi_{ij} = L_{ij} [u(x', t'); x, t], t' < t. \quad (10.5)$$

Рівняння перенесення тепла (нестислива рідина):

$$\rho c \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u_i \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + \Pi_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \sigma_T. \quad (10.6)$$

Рівняння дифузії

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + \sigma_c. \quad (10.7)$$

Рівняння приграничного шару уздовж плоскої поверхні, яка обтікається потоком зі швидкістю $U(x)$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = U(x)U'(x) + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = +a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}. \quad (10.8)$$

3.1.5 Початкові і граничні умови

1 Умова Діріхле

$$u_i(\vec{x}, t) = f_i(x, t) \quad (10.9)$$

на границі області.

Приклади: умова прилипання для швидкості на твердих границях

$\bar{u} = 0$ - умова заданої температури на границі.

2 Умова Неймана

$$\frac{\partial u_i(\vec{x}, t)}{\partial n} = g_i(\vec{x}, t) \quad (10.10)$$

на границі області.

Приклади: заданий потік тепла на границі

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = q_w(\vec{x}, t)$$

3 Змішані граничні умови

$$\frac{\partial u_i(\vec{x}, t)}{\partial n} + \kappa u_i(\vec{x}, t) = g_i(\vec{x}, t) \quad (10.11)$$

на границі області.

Приклади: умова тепловіддачі

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = h_w(T - T_a) + \varepsilon \sigma (T^4 - T_a^4),$$

приграничні функції для турбулентної течії поблизу твердої границі

$$\left. \frac{\partial U}{\partial y} \right|_{y=y_1} = \frac{\nu_\tau(U_1, y_1, \nu)}{\kappa y_1}.$$

3.1.6 Метод скінченних різниць

Дискретизація рівнянь – заміна безперервної області сукупністю ізолюваних точок (сітка), причому розв'язок рівнянь шукається тільки в цих точках (вузлах сітки).

Рівняння в часткових похідних зводиться до системи алгебраїчних рівнянь.

Основні позначення, які використовуватимуться надалі на прикладі розв'язку деякої задачі $u(x, y)$ в прямокутнику $0 \leq x \leq L_x$, $0 \leq y \leq L_y$. Введемо декартову сітку (рис. 1.7), вузли якої є точками перетинів ліній декартової системи координат з абсцисами $\{x_i\}$ і ординатами $\{y_j\}$, де $i = 1, \dots, N_x$, $j = 1, \dots, N_y$ - індекси вузлів; N_x, N_y - кількість вузлів уздовж x- і y - напрямків.

Значення обчислюваної змінної у вузлі сітки з **просторовими** координатами x_i і y_j позначається **нижніми** індексами: $u_{ij} = u(x_i, y_j)$.

Якщо є залежність від часу, то аналогічно вводиться тимчасова сітка $u_{ij}^n = u(x_i, y_j, t_n)$, при цьому номер вузла в часі позначається верхнім індексом.

Верхнім індексом позначається також будь-яка маршова координата.

Крок сітки

$$h_i^x = x_i - x_{i-1}.$$

У випадку, якщо у рівняннях наявні похідні не тільки від фізичної величини, але і від її градієнтів (потоків), зручно вводити також значення функції в напівцілих вузлах сітки

$$u_{i-1/2,j} = u\left(\frac{x_{i-1} + x_i}{2}, y_j\right). \quad (10.12)$$

3.1.7 Метод скінченних об'ємів

У методі скінченних об'ємів диференціальні рівняння перенесення еквівалентні деяким інтегральним законам збереження. Ці інтегральні закони збереження також можуть бути апроксимовані шляхом застосування квадратурних формул наближення інтегралів для кожної елементарної комірки сітки (об'єму). Такий метод одержав назву **методу скінченних об'ємів**. Такий метод дозволяє побудувати консервативні різницеві схеми, тобто схеми, для яких виконуються сіткові аналоги законів збереження.

Інтегро-інтерполяційний метод побудови різницевих схем

Розглянемо одновимірне рівняння дифузії

$$u(x) \frac{d\varphi}{dx} = \frac{d}{dx} \left[\lambda(x) \frac{d\varphi}{dx} \right] - k(x)\varphi + \sigma. \quad (10.13)$$

Позначимо потік величини φ як $q = -\lambda d\varphi/dx$,

$$u(x) \frac{d\varphi}{dx} = -\frac{dq}{dx} - k(x)\varphi + \sigma$$

і проінтегруємо його в інтервалі $[x_{i-1/2}; x_{i+1/2}]$:

$$\int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} u(x) \frac{d\varphi}{dx} dx = -q_{i+1/2} + q_{i-1/2} + \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} [\sigma - k\varphi] dx. \quad (10.14)$$

Потоки в напівцілих вузлах виразимо, інтегруючи співвідношення $d\varphi/dx = -q/\lambda$ у інтервалі $[x_{i-1}; x_i]$:

$$\varphi_i - \varphi_{i-1} = -\int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{q(x)}{\lambda(x)} dx = -q_{i-1/2} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{dx}{\lambda(x)} + O(h^3).$$

Позначивши

$$\lambda_{i-1/2} = \left[\frac{1}{h_i} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{dx}{\lambda(x)} \right]^{-1},$$

можна записати

$$q_{i-1/2} = -\lambda_{i-1/2} \frac{\varphi_i - \varphi_{i-1}}{h_i} + O(h^2).$$

Джерельні члени апроксимуємо за допомогою формули прямокутників

$$\int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} [\sigma - k\varphi] dx = h_i [\sigma_i - k_i \varphi_i] + O(h^3). \quad (10.15)$$

Конвективний доданок можна апроксимувати, наприклад, таким чином:

$$\int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} u(x) \frac{d\varphi}{dx} dx = \int_{\varphi_{i-1/2}}^{\varphi_{i+1/2}} u d\varphi = u_i (\varphi_{i+1/2} - \varphi_{i-1/2}) + O(h^3) = u_i \frac{(\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1})}{2} + O(h^3).$$

Підставивши одержані вирази в початкове рівняння, одержимо

$$u_i \nabla \varphi_i = \frac{1}{h} \left(\lambda_{i+1/2} \frac{u_{i+1} - u_i}{h_{i+1}} - \lambda_{i-1/2} \frac{u_i - u_{i-1}}{h_i} \right) - k_i \varphi_i + \sigma_i + O(h^2),$$

що еквівалентне одержаній вище апроксимації рівняння дифузії за допомогою методу скінченних різниць.

Форми апроксимації членів конвективного перенесення за допомогою різних квадратурних формул відповідають різним типам різницевого схем МСР:

$$1) \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} u(x) \frac{d\varphi}{dx} dx = \int_{\varphi_{i-1/2}}^{\varphi_{i+1/2}} u d\varphi = u_i (\varphi_{i+1/2} - \varphi_{i-1/2}) + O(h^3) = u_i \frac{(\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1})}{2} + O(h^3) -$$

еквівалентна схемі МСР з центральними різницями;

$$2) \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} u(x) \frac{d\varphi}{dx} dx = \frac{1}{2} [u_{i+1/2} (\varphi_{i+1} - \varphi_i) + u_{i-1/2} (\varphi_i - \varphi_{i-1})] + O(h^3);$$

$$3) \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} u(x) \frac{d\varphi}{dx} dx = u^+_i (\varphi_i - \varphi_{i-1}) + u^-_i (\varphi_{i+1} - \varphi_i) + O(h^3) -$$

еквівалентна різницям проти потоку.

Переваги методу скінченних об'ємів:

- 1) виконання законів збереження;
- 2) можливість розрахунку рівнянь з розривними коефіцієнтами перенесення.

Опис архітектури і процесу розв'язання поставленої задачі за допомогою пакета ANSYS CFX

Загальна структура пакета

Пакет ANSYS CFX складається з 5 додатків, між якими відбувається потік інформації, що виникає в процесі поставлення і розв'язання задач гідродинаміки

(рис. 1.13).

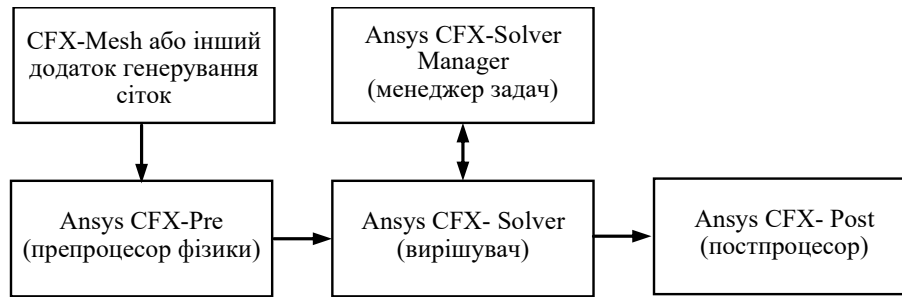


Рисунок 4 - Схема поставлення і розв’язання задачі з використанням пакета ANSYS CFX

Розглянемо, за які етапи процесу поставлення і розв’язання задачі відповідає кожен додаток пакета.

CFX - Mesh, або інший додаток генерації сітки, – це перший крок поставлення задачі. На даному етапі відбувається таке:

- 1) визначення геометрії області дослідження;
- 2) створення областей потоків рідин або газів, твердих областей і задання імен граничним областям;
- 3) установка параметрів сітки.

Система ANSYS CFX дозволяє імпортувати геометричні дані з більшості сучасних систем автоматизованого проектування (CAD) і автоматично генерувати сітку на їх основі. Таким чином, перший етап поставлення задачі може бути виконаний у зовнішньому додатку (CAD-системі).

ANSYS CFX - Pre реалізує процес визначення фізики задачі. Фізичний препроцесор імпортує сітку, яка була створена на першому кроці. Це другий крок поставлення задачі, на якому визначаються фізичні моделі, на основі яких відбуватиметься моделювання процесу, а також їх основні параметри і характеристики. **CFX-Pre** дозволяє визначити граничні умови процесу (вхідні, вихідні параметри), моделі теплообміну і т.д.

ANSYS CFX-Solver – це програма, що реалізує процес розв’язання задачі обчислювальної гідродинаміки. Імпортується задача, поставлена за допомогою **ANSYS CFX – Pre**, і виконується пошук розв’язку всіх необхідних змінних:

1) рівняння у частинних похідних інтегруються по всьому об'єму задачі у області дослідження і повинні відповідати виконанню закону збереження (мас або кількості руху) для кожної досліджуваної області;

2) інтегральні рівняння, які були одержані, перетворюються в систему алгебраїчних рівнянь шляхом апроксимації членів в інтегральних рівняннях;

3) алгебраїчні рівняння розв'язуються чисельним методом.

ANSYS CFX-Solver Manager – це надбудова над CFX-Solver. Вона дозволяє контролювати хід розв'язання задачі:

1) визначати вхідні файли вирішувача;

2) запускати або припиняти CFX - Solver;

3) контролювати процес розв'язання задачі;

4) встановлювати CFX - Solver для проведення паралельних обчислень.

ANSYS CFX-Post – це програма, призначена для аналізу, візуалізації і подання результатів, які одержані у ході розв'язання задачі за допомогою **ANSYS CFX-Solver**. Для цього використовуються такі засоби:

- 1) візуалізація геометрії та областей, які досліджуються;
- 2) векторні графіки для візуалізації напрямів і величин течій;
- 3) візуалізація зміни скалярних величин (таких, як температура, тиск) усередині досліджуваної області.

Графіки, зображення і відео, які одержані у результаті аналізу розв'язання задачі можна зберегти у вигляді окремих файлів.

Постановка задачі для моделювання

Пакет ANSYS CFX власне формує середовище, у якому є можливість сформувати геометричний об'єкт, тобто камеру, що моделюється, включаючи вантажі у кейджах, повітроохолодники, тощо. Позитивним є той факт, що геометрична модель проектується у масштабі 1:1, що, у свою чергу, дозволяє адекватно відобразити усі локальні аеродинамічні параметри, включаючи масштаби турбулентності та параметри пристінних шарів без їх масштабування. Вбудовані у ANSYS CFX програми генераторів сіток дозволяють згенерувати розрахункові

сітки будь-якої складності та тонини відображення об'єкта (підпрограми Workbench та ICEFM). Розрахункова сітка передається у блок препроцесора ANSYS CFX, у якому, власне і відбувається програмування індивідуальної моделі. Тут задаються початкові та граничні умови, включаючи початкову температуру вантажів, температуру охолодженого повітря, граничні умови на стінках, стелі та підлозі камер, що дозволяє максимально урахувати індивідуальні особливості конкретного проекту.

Тут також можна увести параметри, які дозволять провести варіативні розрахунки для вибору оптимальних конструкцій повітроохолодників, а саме: - швидкість та швидкість потоку повітря, його початкову температуру, геометрію повітроохолодника, тощо. Далі сформована модель передається до Solver – блока вирішення, де відбувається ітераційне вирішення систем диференціальних рівнянь аеродинаміки та теплообміну. При чому, наявна можливість задавати значення пристінної турбулентності у вигляді будь-якої складності у залежності від очікуваного результату та ресурсу обчислювальних систем. Після отримання результатів модель передається до постпроцесора. Постпроцесор дає можливість проаналізувати отримані результати і визначити оптимальну конструкцію камери з усіма можливими індивідуальними особливостями, включаючи геометричні розміри само камери, оптимальне розміщення вантажів (рядами, коридорами, уступами, тощо), відстань між рядами, інше. Особливо сприятливою є можливість детально проаналізувати та визначити оптимальну конструкцію, параметри та геометрію пристрою, яке б забезпечило найвищу інтенсивність теплообміну між повітрям та продуктом, що заморожується.

Моделювання обтікання вантажів у камері шокowego заморожування м'ясних продуктів із повітроохолодниками стельового типу.

Моделювання проводилося на кафедрі теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ за допомогою ліцензованого пакету ANSYS CFX 15. На рис.10.3. прийняте для моделювання розміщення вантажів. Прийнятий розмір кейджа - 1x1x1,6, що відповідає прийнятним у м'ясній промисловості розмірам. За такої компоновки вантажів виробнича продуктивність камери складе 15т на цикл.

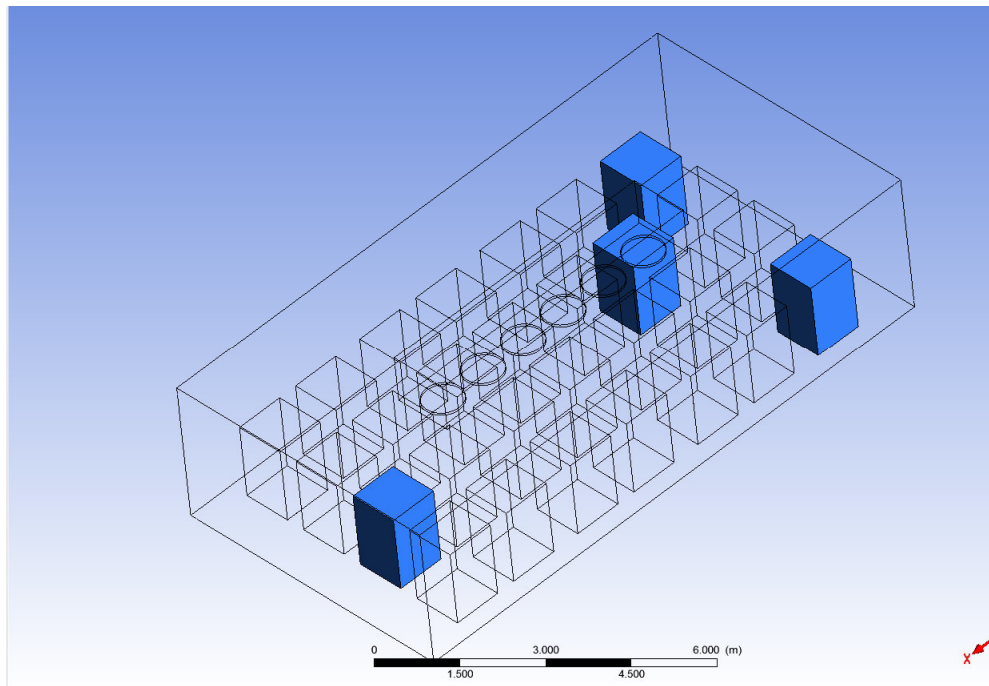


Рис.5. Розміщення вантажів у sage у камері заморозжування.

Для вирішення задачі охолодження вантажів у sage було створено два домен – один тверде тіло (продукти) рис.5. Другий домен – власне повітряний простір, яких охоплює перший домен і сполучається із ним через тепловий контакт зовнішньої поверхні sage. При цьому програма сама визначає умови аеродинамічної та теплової взаємодії між доменами. На рис.6.

наведено розрахункову сітку повітряного домену, посередині якої видно розміщений стельовий повітроохолодник із стрілками, які визначають граничні умови виходу повітря від вентиляторів через бічні решітки повітроохолодників.

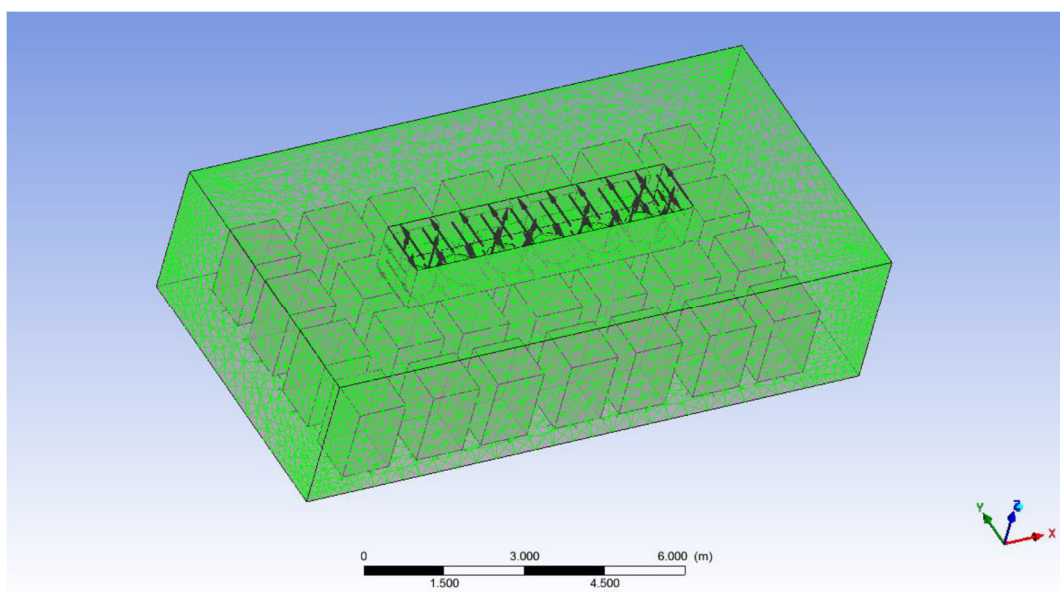


Рис.6. Розрахункова сітка дослідної камери

Для забезпечення адекватних розрахунків при прийнятній тривалості циклу розрахунку сітки sage виконано структурованими (у формі паралелепіпеда), причому, із урахуванням необхідності детального розрахунку тривалості. Для забезпечення точності розрахунків при прийнятній тривалості циклу розрахунку сітки sage1 виконано структурованими (у формі паралелепіпеда), причому, із урахуванням необхідності детального розрахунку тривалості заморожування пристінна сітка у напрямку до повітряного домену розбита із змінним кроком, зменшуючись до стінок sage. Таке розбиття дозволяє більш точно відобразити нестационарний процес заморожування. При програмуванні задачі прийнято наступні спрощення: Прийнято осереднені значення теплоємності та теплопровідності продуктів у sage за даними для м'яса. Крім того, прийнято, що у процесі заморожування відсутній проміжок кристалізації, оскільки на сьогоднішній день не можливо запрограмувати перехід до зони постійної температури кристалізації. Дане припущення не є критичним, оскільки при шоківій заморозці тривалість кристалізації є невеликою за якою генеруються мікрочастинки.

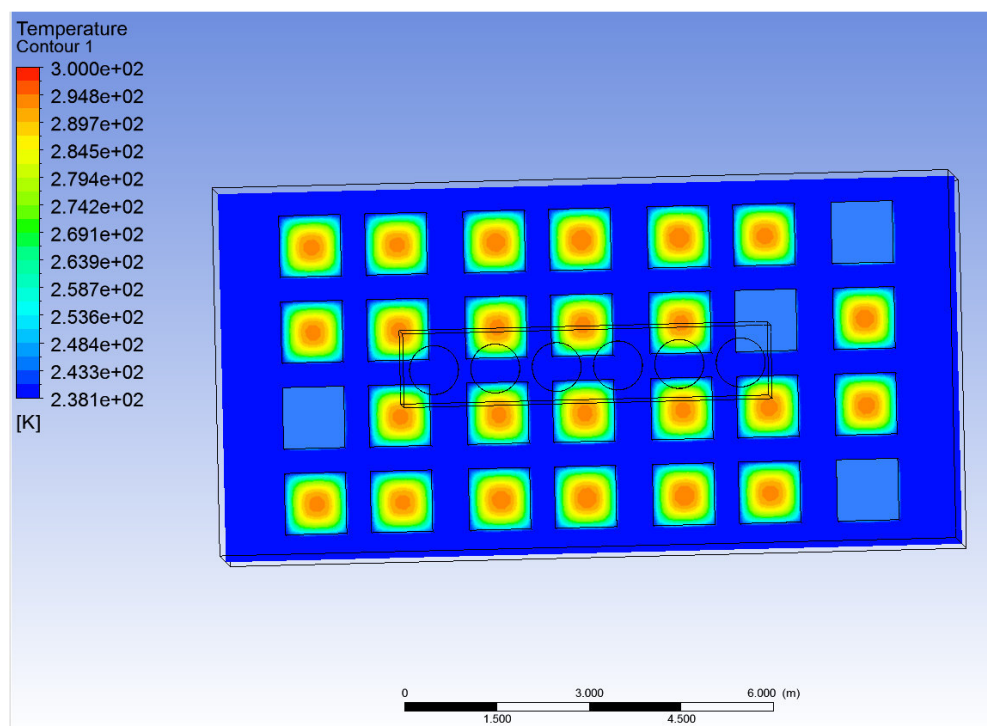


Рис.7. Поле температури на фронтальному перерізі при температурі -35°C . На початку заморожування

Як видно з поля температур відбувається інтенсивне охолодження масиву у sage, починаючи від стінок. Слід зауважити, що температура повітря у перерізі у

зоні периферійних рядів сарг помітно вища від температури у близькості від повітроохолодника, що пояснюється інтенсивним рухом повітря на всмоктуванні у вентилятори повітроохолодника.

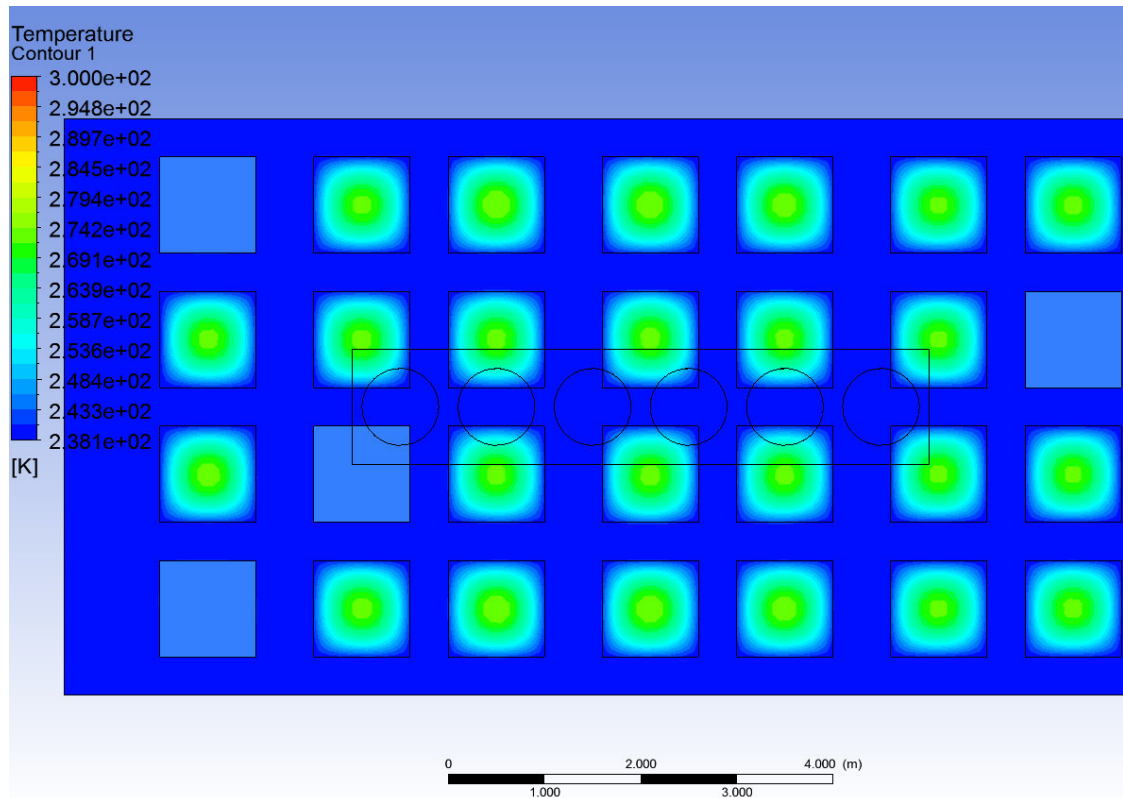


Рис.8. Поле температури поряд з досліджуваними «сарами».

Час процесу 54 002 секунди

На рис. 11. представлено розподіл руху повітря по всій досліджуваній камері. Як бачимо даний комплекс дає можливість аналізувати інтенсивність охолодження кожної палети вантажу, в загальному масиві. Даний підхід дозволяє значно розширити можливості проектування сучасних холодильних камер, а також вийти на новий рівень якісних характеристик проектування камер шокової заморозки.

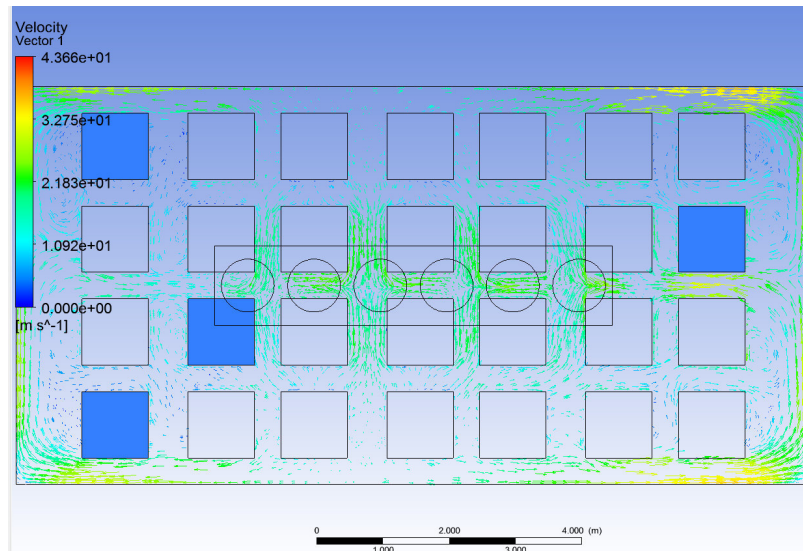


Рис. 9. Зміна швидкості руху повітря в досліджуваній камері $w=30\text{ м/с}$, на висоті 1,26 м

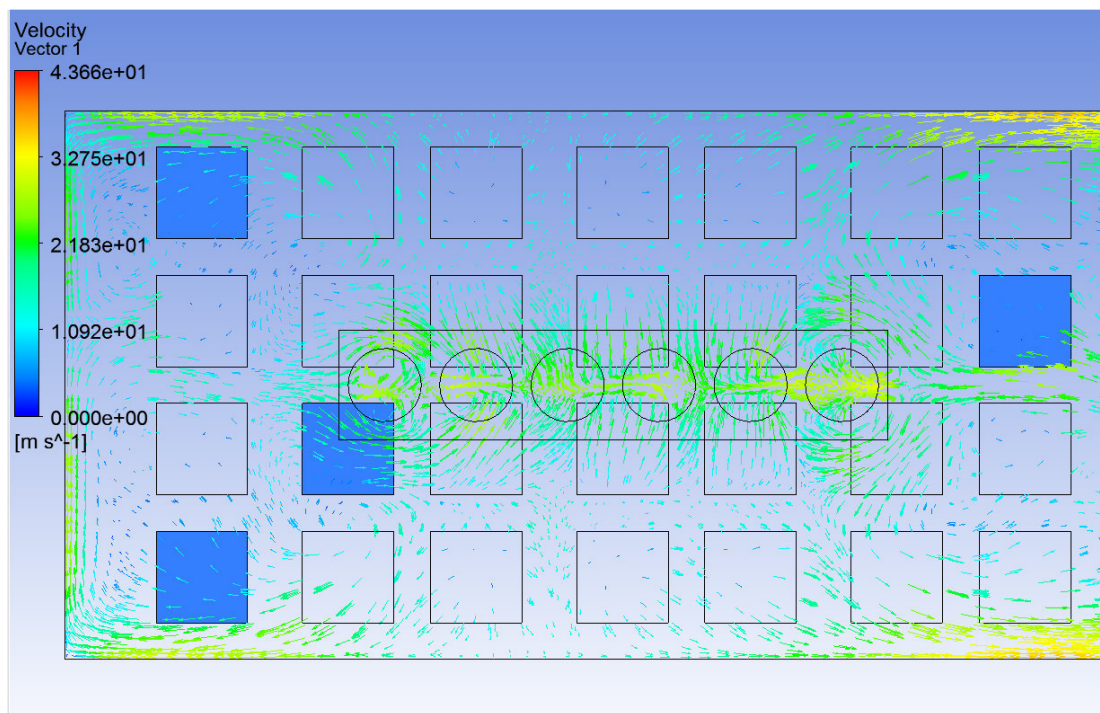


Рис.10. Зміна швидкості руху повітря в досліджуваній камері $w=30\text{ м/с}$ на висоті 1,67 метрів

Відповідно до завдання проаналізуємо рух повітря в камері заморозки при збільшенні початкової швидкості до 40 м/с.

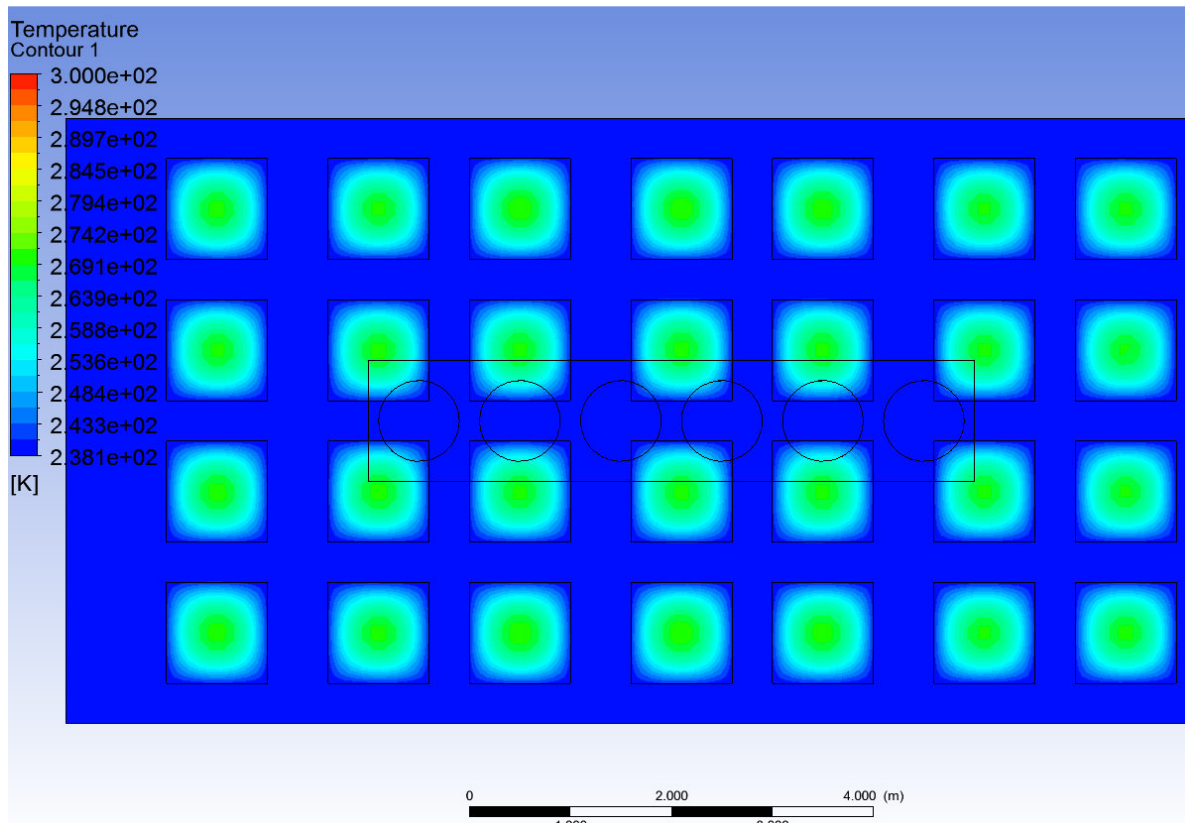
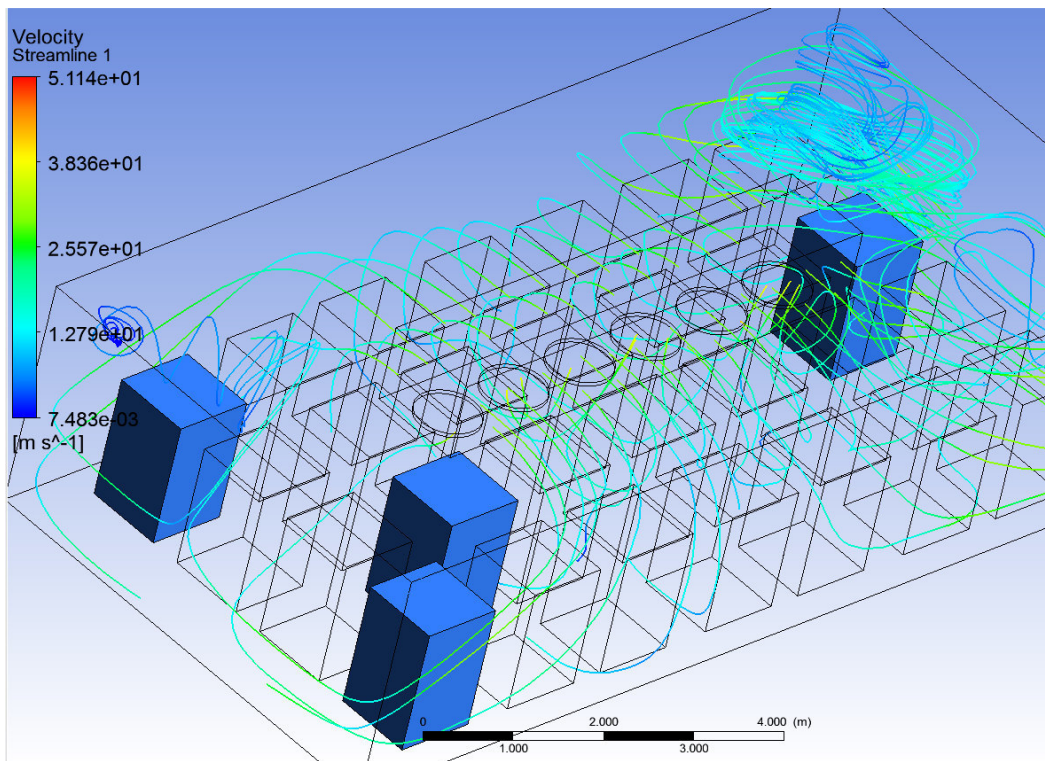
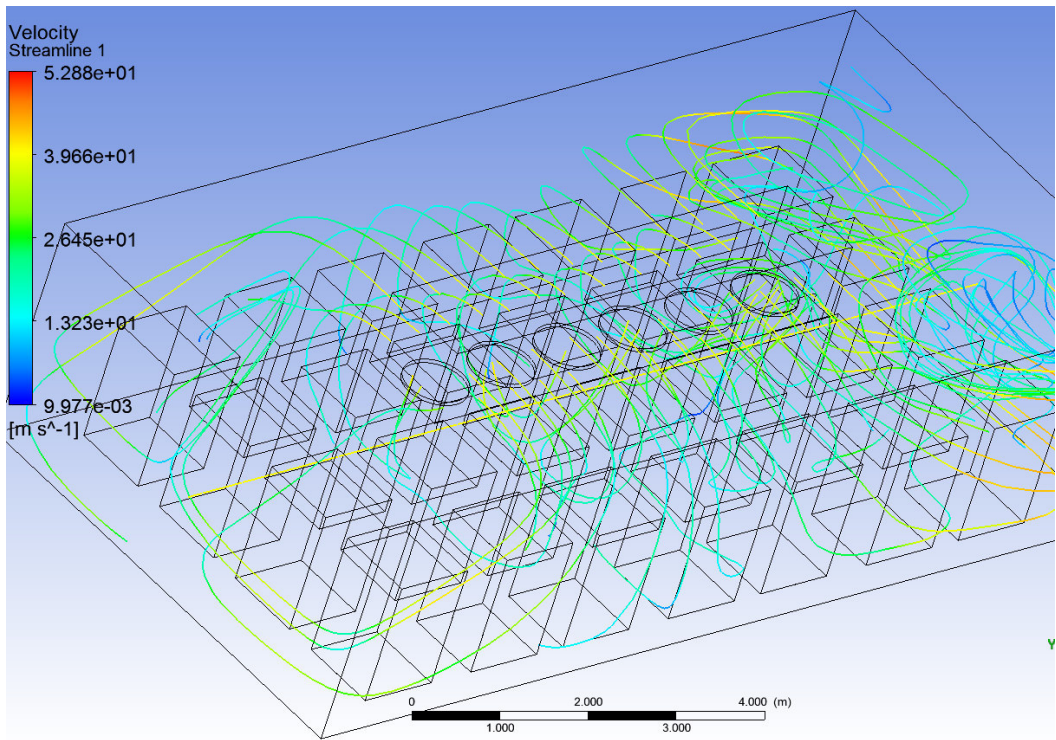


Рис.11. Поле температури поряд з досліджуваними «сage».

Час процесу 54 001 секунди

З рисунків 14 та 15 можна зробити висновок, що при збільшенні швидкості руху повітря в камері, в правій частині камери різко виникають зони завихрення, що спричиняють нерівномірному заморожуванню продукту і як наслідок неякісного та нерівномірного замороження.



*Рис.12. Зміна швидкості руху повітря в досліджуваній камері
 $w=30$ та 40 м/с*

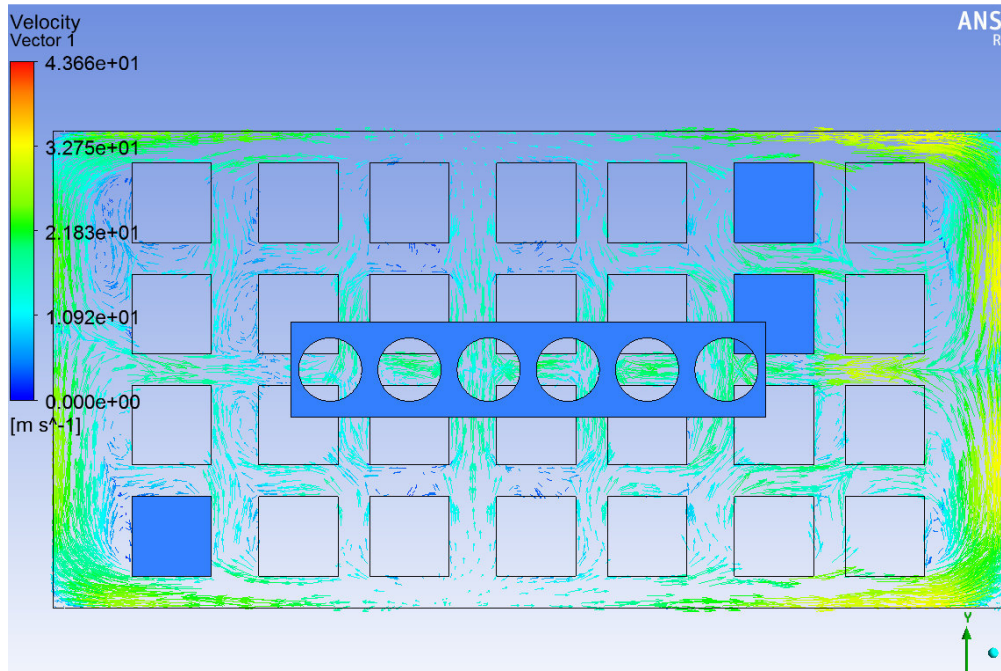


Рис.13. Напрямки руху повітря поряд з досліджуваними «sage», представлені у векторній формі при швидкості повітря 12м/с.

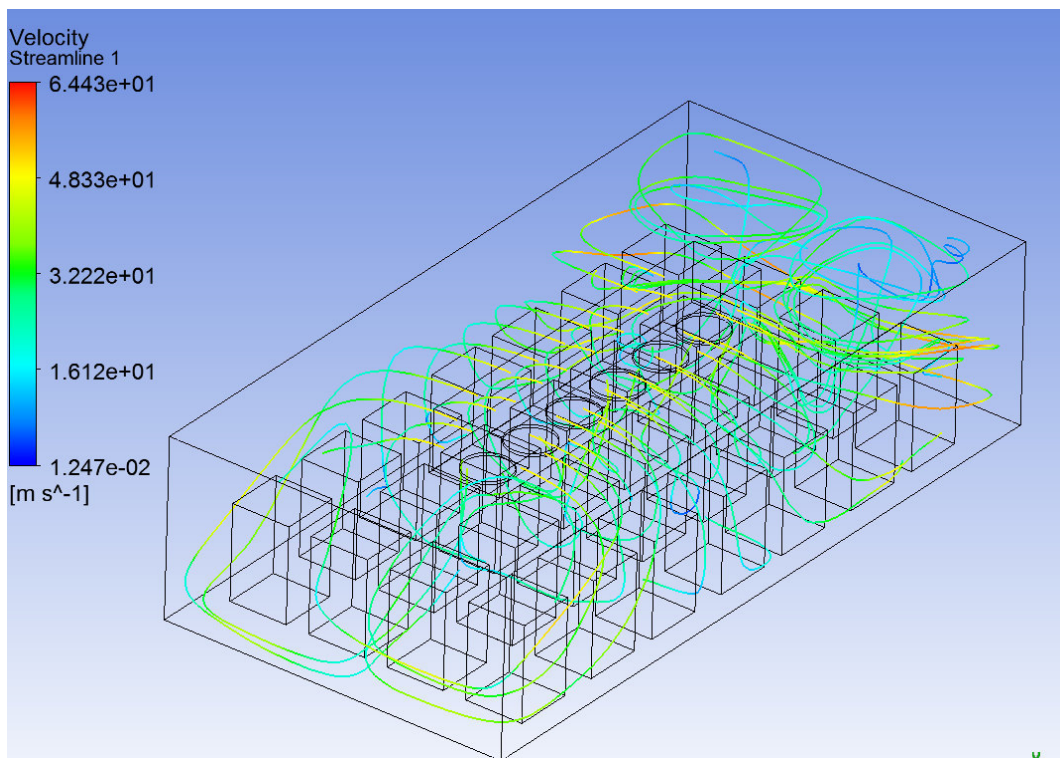


Рис.14. Лінії току охолодженого повітря, 12 м/с

Висновки

Виконане моделювання свідчить про широкі можливості застосування даного методу для оптимального проектування камер шокової заморозки м'ясної продукції.

Варіативне моделювання дозволяє визначити найбільш прийнятну конструкцію повітроохолоджувачів, запровадити додаткові повітророзподільні пристрої, а також оптимально розмістити продукти у камері з метою максимального зменшення тривалості циклу та оптимізації самого виробничого процесу.

В даній магістерській роботі, при аналізі камери шокової заморозки, за допомогою комп'ютерного моделювання, встановлено найбільш оптимальною швидкістю повітря з повітроохолоджувачів 30м/с.

19. Автоматизація

Вступ

Автоматизація холодильних установок вирішується в наступному об'ємі:

- автоматичне регулювання та контроль температурного режиму в холодильних камерах;
- керування та контроль компресорів від аварійних режимів роботи;
- регулювання та контроль рівня хладону в апаратах;
- керування вентиляторами конденсаторів;
- аварійне відключення холодильної установки;
- світлова та звукова сигналізація роботи холодильної установки;
- дистанційне вимірювання робочих параметрів, що контролюються;
- регулювання та контроль температури підігріву ґрунту під камерами.

У проєкті системи холодильних установок підприємства з виготовлення замороженої та сублимованої продукції у м. Луцьк для приведення продуктивності холодильної установки у відповідність з тепловим навантаженням передбачається автоматичне регулювання холодопродуктивності холодильних централей на базі компресорів Bitzer. Схема холодильних установок являє собою герметичні системи 15 компресорів, об'єднаних в 4 центральні, конденсаторів та лінійних ресиверів з'єднаних між собою трубопроводами. Робочим тілом холодильної установки є хладон R507. Апарати та компресорні агрегати установки працюють під надлишковими тисками, що може призвести до викиду холодильного агента в повітря, при виникненні аварійної ситуації. Одним із головних компонентів холодильної установки є компресор. Від його роботи залежить працездатність всієї системи та її ефективність.

Прилади за допомогою яких забезпечується автоматизація компресора, можна розділити на наступні групи:

- прилади автоматичного контролю, за допомогою яких змінюється температура, тиск, витрата холодильного агента;
- прилади автоматичної сигналізації які вмикають чи вимикають світлові, звукові сигнали, котрі оповіщають обслуговуючий персонал про

досягнення критичного значення величини, що контролюється, а також включення чи виключення окремих елементів компресорів;

- прилади автоматичного захисту зупиняють роботу компресорів при небезпечному режимі;
- прилади автоматичного керування, які забезпечують включення чи виключення елементів компресора та виконують деякі допоміжні операції;
- прилади автоматичного керування, які забезпечують підтримання заданого значення величини, що контролюється чи її зміну по певній програмі.

Всі вище наведені функції поєднуються в приладах автоматики та контролю встановлених на компресорних центрах на базі поршневих компресорів Bitzer фірмою-виробником.

Технічний опис

Холодильна централь на базі трьох компресорів Bitzer 6G-30.2Y-40S складається з наступних вузлів та деталей:

- Поршневі компресори. На кожному компресорі встановлені всмоктуючий і нагнітальний вентиля, електричний підігрівач картера, здвоєний датчик-реле тиску нагнітання і всмоктування, електронний регулятор-сигналізатор рівня з вбудованим соленоїдним вентилям і оглядовим склом візуального контролю, електронний блок захисту електродвигуна від перевантаження, віброгасителі на нагнітальному і всмоктуючому патрубках;
- Спільний для компресорів ресивер з оглядовими вікнами мінімального, середнього і максимального рівня холодоагенту, двома паралельними регуляторами тиску конденсації і запірним кульовим клапаном на вході і запірним вентилям на виході, байпасовій лінією з диференціальним клапаном, запобіжним клапаном; фільтр-осушувач розбірний з відтинаючим запірним вентилям; оглядове скло з індикатором вологості на рідинній магістралі; газовий фільтр на всмоктувальній магістралі компресорів;
- Манометри високого і низького тиску з'єднані паралельно з двома трансмітерами високого і низького тиску відповідно через запірний клапан;

- Запірний кульовий клапан на лінії нагнітання для можливості відсічення централі від конденсатора;
- З'єднувальні трубопроводи, кабелі, клемні кабельні коробки.

Принцип дії

Циркуляційний контур холодильного агенту

Холодильна установка відноситься до типу компресійних холодильних машин, принцип роботи яких заснований на відборі тепла від охолоджуваної середовища у випарниках та повітроохолоджувачах холодильним агентом за рахунок прихованої теплоти пароутворення.

Пари хладону - 507А засмоктуються з випарників і компресорами, стискаються до тиску конденсації і через мастиловіддільники нагнітаються в конденсатор, де вони зріджуються за рахунок віддачі теплоти конденсації повітрю, що обдуває зовнішню поверхню апарату. Рідкий хладон з конденсатора стікає в ресивер, звідки через фільтр-осушувач і електромагнітні соленоїдні клапани споживачів холоду надходить до терморегулюючого вентиля і відповідних випарників.

Циркуляційний контур мастила

Мастиловіддільники служать для сепарації мастила з парів холодоагенту, що нагнітаються компресорами. Мастиловіддільник кожного компресора

забезпечується зворотним клапаном на виході стисненої пари в нагнітальний колектор і зворотним клапаном на виході сепарованого мастила.

Мастило із мастиловіддільників надходить в масляний ресивер під тиском нагнітання. Масляний ресивер у свою чергу постійно знаходиться під низьким тиском, що перевищує тиск всмоктування у всмоктуючому колекторі на величину, що задається диференціальним клапаном (3,5 бар). Цей клапан встановлений у верхній частині (парова фаза) масляного ресивера і з'єднує його зі всмоктувальним колектором централі. Потім, за рахунок різниці тисків у масляному ресивері і в картері компресора, а також за рахунок гідростатичного стовпа рідини (розташування масляного ресивера над компресорами), через повнопотоковий механічний масляний фільтр, електронний регулятор рівня масла з запірним соленоїдним вентилям, масло надходить у картер того компресора де потрібно його поповнення.

Регулювання продуктивності

Управління холодопродуктивністю холодильної централі - поетапне, за рахунок включення / вимикання напівгерметичних компресорів. Керуючий трансмітер тиску електронного контролера встановлений на загальному всмоктуючому колекторі.

Управління компресорними централіями і виносними конденсаторами проводиться дистанційно від щитів управління розташованими в приміщенні компресорної. При цьому установка працює в автоматичному режимі.

Контрольні пристрої

З метою проведення контролю роботи мульти-компресорна централь оснащується наступними приладами:

- манометри тиску всмоктування компресорів;
- манометри тиску всмоктування компресорів;
- манометри тиску нагнітання;
- манометри тиску мастила;
- манометри тиску мастила після масляного фільтра тонкої очистки.

Застосування перемикача точок зміни вимірювання дозволяє зчитувати з манометрів тиск в різних точках вимірювання.

- термометр температури всмоктування компресорів;
- термометр температури нагнітання компресорів;
- термометр температури мастила.

При застосуванні пристрою програмного керування компресорами з ЗП (запам'ятовуючим пристроєм), в поєднанні з нижче перерахованими аналоговими датчиками тиску і термометрами з'являється можливість виводу додаткових експлуатаційних параметрів на дисплей приладу керування.

- перетворювач тиску – тиск всмоктування компресорів;
- перетворювач тиску – дозвіл на запуск компресорів;
- перетворювач тиску – тиск мастила;
- перетворювач тиску – кінцевий тиск стискання компресорів;
- термометр опору – температура всмоктування компресорів;
- термометр опору – температура мастила в компресорах;
- термометр опору – кінцева температура стискання компресорів.

Запобіжні прилади

В мульти-компресорній холодильній централі встановлено наступні запобіжні пристрої:

- запобіжний клапан на мастиловіддільнику захищає холодильну централь від недопустимо високого тиску;
- зворотній клапан на стороні всмоктування захищає компресор після виводу з експлуатації від миттєвого вирівнювання тиску з лінією всмоктування;
- запірний зворотній клапан на стороні нагнітання, запобігає зворотній конденсації холодильного агента в мастиловіддільнику;
- зворотній клапан лінії повернення мастила запобігає витіканню мастила в секцію тонкого відділення мастила в мастиловіддільнику;
- регулюючий клапан тиску мастила, який регулює перепад тиску мастила між стороною нагнітання і стороною всмоктування.

*Запобіжний пристрій від перевищення кінцевої температури процесу
стискання компресора*

Реле температури на стороні нагнітання компресора, відключає привід електродвигуна, якщо кінцева температура процесу стиснення перевищує встановлене значення чи термометр опору на стороні нагнітання компресора, сигнал якого приводить до виключення приводного двигуна компресора приладом управління компресорів, якщо кінцева температура процесу стиснення перевищує встановлене значення;

Запобіжний пристрій від перевищення температури мастила

Реле температури мастила, відключає приводний двигун компресора, якщо температура мастила перед упорним підшипником компресора перевищує встановлене значення чи термометр опору мастила, сигнал якого приводить до виключення приводного двигуна компресора якщо температура мастила в мастиловіддільнику перевищує встановлене значення;

Запобіжний пристрій від перевищення кінцевого тиску процесу стискання

Запобіжник обмежуючий тиск, з двома роздільними блоками зворотного перемикачання, запобіжний обмежувач тиску виключає привідний двигун компресора, якщо кінцевий тиск процесу стиснення перевищує встановлене значення;

*Запобіжний пристрій від перевищення перепаду тисків між тиском мастила
перед упорним підшипником компресора і кінцевим тиском процесу стиснення
компресора (контроль циркуляційного контуру мастила)*

- Диференційне реле тиску, відключає приводний двигун компресора, якщо різниця між тисками мастила перед упорним підшипником і кінцевим тиском процесу стиснення компресора нижче значення 1 бар чи перетворювач тиску мастила перед упорним підшипником компресора і перетворювач кінцевого тиску процесу стиснення, компресора, якщо різниця тисків знята перетворювачем значно нижче 1 бар, приладом керування компресором відключаються двигуни;

- Запобіжний пристрій від перевищення перепаду тиску на мастило фільтрі грубої очистки (контроль фільтра грубої очистки) мастила; Диференційне реле тиску, відключає приводний двигун компресора, між кінцевим процесом стиснення і тиском позаду фільтра грубої очистки мастила перевищує значення 1 бар, чи перетворювач кінцевого тиску процесу стиснення компресора, якщо знята перетворювачем різниця тисків перевищує значення 2 бар, прилад керування компресором відключає двигун приводу компресорного агрегату.

Запобіжні прилади від зниження тиску всмоктування компресора

Реле тиску всмоктування відключає привідні двигуни компресорів, якщо тиск всмоктування нижче встановленого значення, чи перетворювач тиску всмоктування компресора, сигнал який приводить до виключення привідного двигуна компресора, якщо кінцевий тиск процесу стиснення нижче встановленого значення. У випадку наявності двох приладів тільки реле тиску всмоктування виконує захисну функцію, а перетворювач тиску слугує для керування процесом регулювання продуктивності.

Запобіжні пристрої приводних двигунів компресорів

- Обмежувальне регулювання номінального струму, при перевищенні номінального струму двигуна регулювання компресора в напрямку мінімуму продуктивності проводиться до того часу, поки струм двигуна не досягне допустимого діапазону. Потім знову буде нормальне регулювання продуктивності;
- Термістор, вимикає привід компресора, якщо температура обмоток привідного двигуна перевищила допустиме значення.

3.7. Контроль роботи запобіжних пристроїв

Контрольні пристрої, захищають від перевищення кінцевої температури процесу стиснення.

Реле температури на стороні нагнітання компресора

Слугує для проведення контролю запобіжного пристрою системи живлення привідних двигунів компресорів. Датчик реле температури подружений в нагріту

масляну ванну. При орієнтовному значенні температури $\geq 100^{\circ}\text{C}$ компресорний агрегат відключається. Запобіжний пристрій, захищає від перевищення температури мастила.

Реле температури – температура мастила

Слугує для проведення контролю роботи реле температури системи живлення привідного двигуна компресора. При орієнтовному значенні температури $\geq 60^{\circ}\text{C}$ компресорний агрегат відключається. Запобіжні пристрої, захищають від перевищення кінцевого тиску процесу стиснення.

Таблиця 19.1. Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Номер позиції	Параметр середовища	Найбільше значення	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип приладу	Кіл.	Завод-виробник
1(2)-1, 11(12)-1, 18(19)-1	Тиск	4,6 МПа	За місцем	Диференціальне реле тиску. Діапазон регулювання 5-17,5 бар	NRD 12s	3	«Danfoss»
3(4)-1, 13(14)-1, 20(21)-1	Тиск	4,6 МПа	За місцем	Диференціальне реле тиску. Діапазон регулювання 5-17,5 бар	NRD 12s	3	«Danfoss»
1(2)-2, 11(12)-2, 18(19)-2	Тиск	2,07 МПа	На щиті	Дифманометр. Похибка: 0,25% \pm 1 молодший розряд при 21 °С. Граничний тиск: 4,14 МПа	DPG-107	3	«Dayer»
3(4)-2, 13(14)-2, 20(21)-2	Тиск	2,07 МПа	На щиті	Дифманометр. Похибка: 0,25% \pm 1 молодший розряд при 21 °С. Граничний тиск: 4,14 МПа	DPG-107	3	«Dayer»
5, 15, 22	-	-	За місцем	Вимикач автоматичний	С-60Н24955	3	Shnayder electric
6-1	Тиск	3,0 МПа	За місцем	Реле тиску нагнітання. Діапазон налаштування: 0.02-2.8МПа.	KPI38	1	«Danfoss»
7-1	Тиск	1,8МПа	За місцем	Реле тиску всмоктування. Діапазон налаштування: 0.02-2.8МПа.	KPI35	1	«Danfoss»

8-2, 16-2, 23-2	Температура	176 °F	За місцем	Давач температури. Діапазон: -55 – 80 °С.	ЕКС 111	3	«Danfoss»
9-2, 17-2, 24-2	Температура	176 °F	За місцем	Давач температури. Діапазон: -55 – 80 °С.	ЕКС 111	3	«Danfoss»
8-3, 9-3, 16-3, 17-3, 23-3, 24-3	Температура	100 °С	На щиті	Термометр з індикацією та записуванням на пульті керування. Клас точності: 1,5.	ТГС-712 М1	4	«РОСМА»
10-2	Рівень	2,8МПа	За місцем	Індикатор рівня. Діапазон температур: -50°С - +65°С	АКС38	1	«Danfoss»
HL1, HL2, HL2	-	-	На щиті	Світлосигнальна арматура XB5-AVM3	ZB5- AVM5+Z B5AV033	3	Shnayder electric

Список використаної літератури

1. *Пшеченков К. А.* Технология хранения картофеля / К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. Н. Еланский, С. В. Мальцев. — М. : Картофелевод, 2007
2. *Масліков М.М.* Холодильна технологія харчових продуктів. — К.: НУХТ, 2007. — 335 с.
3. Проектування холодильних установок: Метод, вказівки до викон. курс. проекту для студ. спец. 7.090520 / Уклад.: *Гоштовт В.І., Засядько Я.І., Масліков М.М.* – К.: НУХТ, 2004. – 24 с.
4. *Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищ. пром.-сть, 1989. – 320 с.
5. *Свердлов Г.З., Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищ. пром.-сть, 1978. – 261 с.
6. *Форсюк А.В.* Теоретичні основи холодильної техніки: Курс лекцій для студ. напр. підг. 6.050604 «Енергомашинобудування» ден., заоч. та скороч. форм навч. – К.: НУХТ, 2008. – 198с.
7. *Брайдерт Г.Й.* Проектирование холодильных установок. Расчеты, параметры, примеры. – М.: Техносфера, 2006.– 336с.
8. Матеріали сайту ЗАТ «Аріада» <http://www.panels-ariada.ru/>.
9. Матеріали сайту компанії Bitzer: <http://bitzer.ru/>, <http://bitzer.de>.
10. Матеріали сайту компанії Güntner: <http://www.guentner.de/>.
11. Матеріали сайту компанії Danfoss: <http://www.danfoss.com/ukraine>.