

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)

« ____ » _____ 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Петренко В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильні техніка та технологія

на тему: Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та
фруктосховищ

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-9М

Новаковський Вячеслав Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Грищенко Роман Володимирович

(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)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

(підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“05” листопада 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Новаковського Вячеслава Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та
фруктосховищ

керівник роботи доц. к.т.н., Грищенко Р.В.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 02.11.2021 року № 869-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2022 року

3. Вихідні дані до роботи Продукт: картопля та яблука,

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

Вступ

1. Аналітичний огляд літератури

2. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

3. Розрахунок усушки

4. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 05.11.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	05.11-13.11.2021	
	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	14.11-22.01.2022	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	23.01-31.01.2022	

Здобувач

_____ (підпис)

Новаковський В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Грищенко Р.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Актуальність даної роботи полягає у тому, що вона спрямована на вивчення процесу усушки харчових продуктів при зміні режимних та конструктивних параметрів повітроохолодників. Розроблення порівняльних аналізів залежності суми капітальних, експлуатаційних, та технологічних затрат від площі поверхні теплообміну повітроохолодника. Що дасть змогу підібрати оптимальну Δt між температурою в камері та кипіння холодоагента, що вплине на розмір та ціну повітроохолодника.

Метою роботи є визначення оптимальних розмірів камерного обладнання в залежності від ціни обладнання та затрат від усушки продукта в гривні.

Об'єктом дослідження є процес усушки продукту в залежності від зміни конструктивних параметрів.

Предметом дослідження є залежність впливу різниці температур кипіння холодоагента та температури в камері, на сумарні затрати на обладнання та усушку продукту.

Практичне значення отриманих результатів.

Можливість використання запропонованих результатів розрахунків для підбору оптимального обладнання.

Особистий внесок магістранта.

Магістрант:

- здійснив аналітичний огляд літературних публікацій з проблеми усушки продуктів;
- розрахував конструктивні параметри повітроохолодників в залежності від температури кипіння та температури в камері;
- виконав розрахунки для дослідження процесу усушки продуктів;

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- порівняв результати розрахунків сумарних затрат від обладнання та затрат від усушки продуктів

Інформативною базою роботи виступили праці вітчизняних та зарубіжних науковців, статті в наукових та періодичних виданнях.

Ключові слова: зберігання овочів та фруктів, усушка, картопля, яблука, повітроохолодники, аміак, R717.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....

1.1. Аналіз тепловологісних процесів в камерах зберігання
холодильників.....

1.2. Яблука. Режими та способи зберігання. Особливості зберігання.
Способи зменшення усушки.....

1.3. Зберігання картоплі. Запобігання усушки.....

РОЗДІЛ 2

**РОЗРАХУНОК ТЕПЛОАДХОДЖЕНЬ ДО ОХОЛОДЖУВАНИХ
ПРИМІЩЕНЬ**.....

2. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень....

2.1. Теплонадходження через загороджуючі конструкції.....

2.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.....

2.3. Теплонадходження при вентиляції приміщення.....

2.4. Експлуатаційні теплонадходження.....

2.5. Теплонадходження від «дихання» фруктів.....

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК УСУШКИ

3.1. Розрахунок усушки для картоплі.....

3.2. Розрахунок усушки для яблук.....

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАТРАТ.....

4.1. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників(для картоплі).....

4.2. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників для (яблук).....

ВИСНОВОКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Під час тривалого зберігання охолоджених продуктів з їх поверхні випаровується волога. Через це зменшується маса продуктів, що призводить до значних збитків. Внаслідок випаровування вологи на поверхні продуктів утворюється зневоднений шар різної товщини. Він має порувату структуру, що сприяє активізації окислювальних процесів. Через це погіршується зовнішній вигляд, харчові та смакові якості продукту, а також утворюється снігова шуба на приладах охолодження.

Основний механізм усихання – це міграція вологи від продукту до приладів охолодження внаслідок різниці її парціальних тисків, що виникає через різні температури повітря в камері та холодильного агента в пристроях охолодження. На даний час існує багато методів для зменшення усушки: упаковка, штучне зволоження повітря в камері, зменшення теплонадходжень. Але всі ці методи є дорогими або трудомісткими.

Дієвим способом для скорочення усихання продукту є зменшення різниці температур у камері та киплячим холодоагентом, що призводить до зменшення температури стінки охолодного пристрою і як наслідок до зменшення випадання вологи на ці поверхні. При збільшенні температури кипіння для підтримання постійної холодопродуктивності слід збільшувати площу приладів охолодження. Однак це призводить до капітальних затрат. Але при цьому зменшуються експлуатаційні затрати, оскільки скорочується інтервал температур в якому працює холодильна установка.

Під час проектування холодильної установки треба провести розрахунки по знаходженню оптимальних параметрів її роботи (температури зберігання та кипіння холодоагенту, площа поверхні теплообміну пристроїв охолодження та ін..). Розрахунок холодильного зберігання плодоовочевої продукції ускладнюється через велику кількість біологічних, мікробіологічних, фізико-хімічних процесів у фруктах та овочах, тому було прийнято рішення дослідити різні варіанти систем охолодження та визначити оптимальну площу поверхні

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплообміну пристроїв охолодження. Критерієм оптимізації виступали сумарні затрати коштів (експлуатаційні і капітальні).

В результаті, буде розраховано різні варіанти площі поверхні теплообміну пристроїв охолодження для камери зберігання охолодженої плодоовочевої продукції та визначено оптимальну площу. Отримані результати можуть бути використані для проектування холодильних камер зберігання плодоовочевої продукції.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Аналіз тепловологісних процесів в камерах зберігання холодильників.

Холодильній обробці та зберіганню піддаються мільйони тон харчових продуктів, що обумовлює необхідність підбора раціональних режимів холодильної технології, що забезпечують мінімальну нормативну усушку та збереження якості продукту.

Основне положення, яким необхідно керуватись при проектуванні охолоджуючих систем та розрахунку усушки не упакованих продуктів при зберіганні зводиться до наступного.

Усушка харчових продуктів залежить від кількості теплоти, яка поступає до вантажа який зберігається, засобу його відвода та температури зберігання. Звідси можна зробити висновки у взаємозв'язку параметрів камери та усушки продукту при зберіганні.

На величину абсолютної усушки продукту в камері впливають площа поверхні та конструкція охолоджуючих пристроїв, а також составні радіаційного теплообміну.

Абсолютна усушка продуктів при однакових умовах зберігання в камері мало залежить від ступеня завантаження, якщо вона змінюється в межах від 0.4 до 1.0. Для зменшення усушки в камерах необхідно підтримувати низькі температури, які визначаються техніко-економічними розрахунками.

Рівноважна відносна вологість повітря в камері не являється визначальним параметром при розрахунку усушки та її слід розглядати як похідну величину, яка залежить від ΔG . Вона є основною характеристикою охолоджувальної системи.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>В.А. Новаковський</i>			<i>Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та фруктосховищ.</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Р.В. Грищенко</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						<i>ТЕХТ ННІТІ НУХТ</i>		

Для зменшення усушки продуктів в процесі зберігання потрібно створювати такі системи ,які могли б перехоплювати зовнішні теплопритоки на їх шляху до продукту одним з можливих способів відвода теплоти.

Проектування холодильних камер зберігання розпочинають з підбору умов для забезпечення нормативних значень усушки. Розрахунок усушки можна вести двома методами: за процесом зволоження повітря та за процесом його осушення в повітроохолодниках. Для практичних розрахунків використовують звичайні залежності, що витікають з тепловологісного відношення, вираженого через загальні теплопритоки або їх вологу складову

$$Q_{\text{вл}} = \frac{Q(\xi-1)}{\xi + \frac{\alpha_{\text{п}}}{\alpha_{\text{к}}}} \quad (1)$$

де ξ -коефіцієнт вологовиділення; $\alpha_{\text{п}},\alpha_{\text{к}}$ – відповідно променевий та конвективний коефіцієнти тепловіддачі, а Q – повна кількість теплоти, яка відводиться охолоджуючими приборами, або таку залежність:

$$Q_{\text{вл}} = Q \left(1 - \frac{1}{\xi}\right) \quad (2)$$

Для нестационарних тепловологісних процесів асиміляції вологи повітрям запропонована залежність

$$Q_{\text{вл}} = \frac{Q(\xi-1)\varepsilon_{\text{б}}}{\xi} \quad (3)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ -безрозмірне відношення тепловологісних характеристик процесу. Саме виділення $Q_{\text{вл}}$ з загальних теплопритоків $Q = Q_{\text{сух}} + Q_{\text{вл}}$ є загальноприйнятим підходом для розрахунку величини усушки ΔG . При переході від $Q_{\text{вл}}$ до ΔG використовують множник $r(t)$, який дорівнює теплоті випаровування або сублимації вологи, розрахованої для деякої середньої температури повітря $t_{\text{ср}}$. Множником між величиною теплопритоків Q до повітря та масою ΔG , виділеної або поглинутої їм вологи, є тепловологісне відношення ε_t , яке пояснюється як ε - процесу при $\phi = \text{const} = 1$ і яке залежить тільки від середньої температури повітря, використаного у процесі:

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta G = \frac{Q}{\varepsilon_t} \quad (4)$$

Ці залежності з одного та іншого боків пропонують різний підхід до розрахунку тепловологісних процесів, які відбуваються в холодильних камерах.

Знаходження величини ΔG виконують на основі термодинамічного аналізу процесів тепломасообміну вологого повітря з продуктом або прибором охолодження в холодильних камерах.

Ентальпія i вологого повітря залежить від трьох незалежних складових: барометричного тиску P , температури t , відносної вологості φ .

Виходячі з виразу для i у вигляді:

$$i = c_{c.п.}t + (r_0 + c_{п.}t)d \quad (5)$$

Де r_0 -теплота випаровування або сублімації парів води при 0°C , а $c_{c.п.}$ та $c_{п.}$ -відповідно питомі теплоємкості сухого повітря та парів вологи, тоді прирощення ентальпії повітря Δi в процесі його тепло масообміну може бути представлено як ($p = \text{const}$)

$$\Delta i = \left(\frac{\partial i}{\partial d}\right)_\varphi \Delta d + \left(\frac{\partial i}{\partial \varphi}\right) T d \Delta \varphi \quad (6)$$

Тепловологісне відношення тут буде дорівнювати $\left(\frac{\partial i}{\partial \varphi}\right)_d \varphi = \text{const}$ тобто позначити як ε_φ і воно дорівнює

$$\varepsilon_\varphi = \frac{p - \varphi p''}{\varphi p \left(\frac{dp''}{dt}\right)} \left[c_{c.п.} \frac{R_{п.}}{R_{c.п.}} (p - \varphi p'') + c_{п.} \varphi p'' \right] + r_0 + c_{п.} t \quad (7)$$

де $p''(t)$ – тиск насиченої пари води, $R_{c.п.}$ та $R_{п.}$ – постійні газові сталі для сухого повітря та парів води.

Величина $\left(\frac{\partial i}{\partial \varphi}\right)_d$ завжди відмінна і її можна вирішити співвідношенням

$$\left(\frac{\partial i}{\partial \varphi}\right)_d = - \frac{p''}{\varphi \left(\frac{dp''}{dt}\right)} \left[c_{c.п.} + c_{п.} \frac{R_{c.п.}}{R_{п.}} \cdot \frac{\varphi p''}{p - \varphi p''} \right] \quad (8)$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«вологої» частки $Q_{\text{вл}}$ загальних теплопритоків ($Q_{\text{вл}}=Q - Q_{\text{сух}}$). Важливі для практичних розрахунків висновки зв'язані в (11) з можливістю полуімперичного розрахунку співвідношення долей $Q_{\text{сух}}$ та $Q_{\text{вл}}$ в загальному значенні Q .

У зв'язку з викладеними при розрахунку усушки найбільш доцільні залежності (3),(4),(5) але і в цьому разі точність розрахунків ΔG пов'язана з визначенням співвідношення «сухого» $Q_{\text{сух}}$ та вологого $Q_{\text{вл}}$ кількості теплоти до загального теплопритоку Q до повітря.

$$\frac{\xi}{\xi-1} = \frac{Q/Q_{\text{сух}}}{\frac{Q}{Q_{\text{сух}}}-1} = \frac{Q}{Q_{\text{вл}}} = \xi_d \quad (12)$$

Величину ξ_d можна назвати «коефіцієнтом волого переносу», а його фізичний сенс витікає зі співвідношення

$$\xi_d = 1 + \frac{1}{\xi - 1} = 1 + n' = n' \xi, \quad \xi_d = \frac{\varepsilon_t \varphi}{r(t)}, \quad (13)$$

де n' - кількість одиниць «сухих» долей теплоти, які припадають на одну «вологу» в загальному теплопритоці. З іншого боку, величина ξ_d є масштабним множником між тепловологісним співвідношенням ε процесу та теплою випаровування

$$\xi_d = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{\varepsilon_{\varphi} + \left(\frac{\partial i}{\partial \varphi}\right)_{d\Delta d} \Delta \varphi}{r} \quad (14)$$

Тобто ξ_d залежить як від t , так і від φ

З (12) та (14) отримуємо кількість повітря $G_{\text{п}}$, який переносить 1 кг ВОЛОГИ

$$G_{\text{п}} = \frac{r(t)n'}{c_{\text{вл}}\Delta t} = \frac{r(t)(\xi_d - 1)}{c_{\text{вл}}\Delta t}$$

де Δt -зміна температури повітря в процесі. При цьому $\frac{1}{r(t)}$ теплоти виступає у якості значення ΔG припадаючого на одиницю коефіцієнта вологопереносу ($\xi_d - n'$), якщо повітря в кількості $\frac{n'1}{c_{\text{вл}}\Delta t}$ теплоти сприйняв 1 кДж, «вологого» теплопритоку. Звідси можна зробити висновок про те, що

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

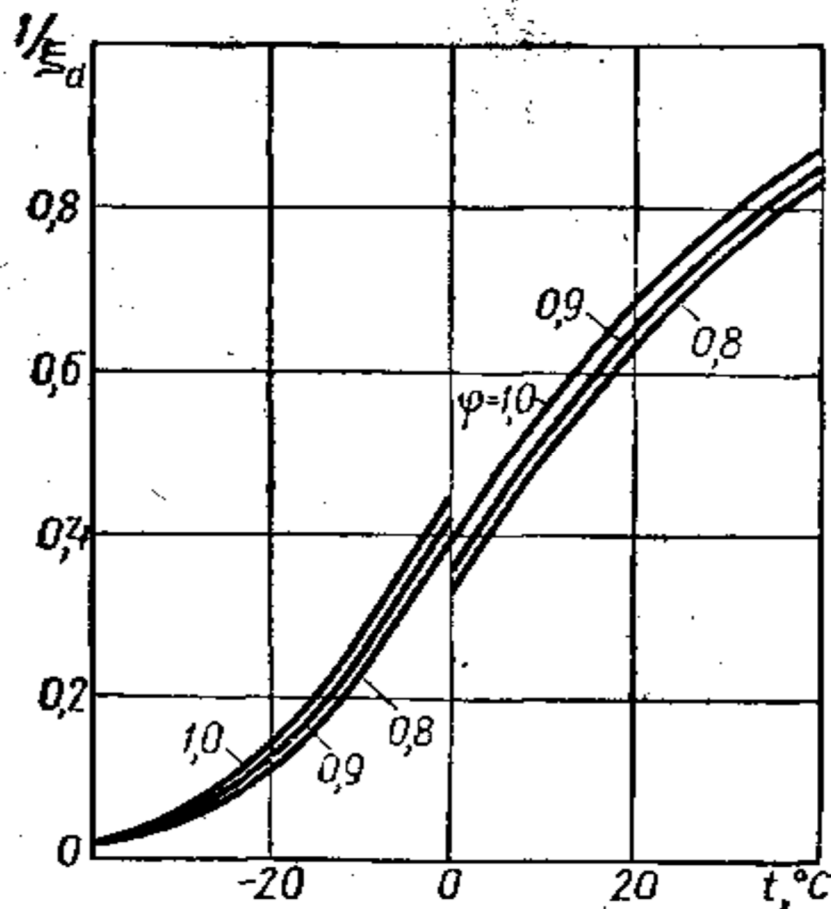
величина $n' = \xi_d - 1$ характеризує можливість повітря транспортувати водяну пару в залежності від його температури та відносної вологості φ .

Величина $1/\xi_d$ визначає долю загального теплопритоку, затраченого на випаровування води або сублимацію льоду з продукту, або долю теплоти, переданої приладом охолодження вологим теплообміном.

Значення ξ_d необхідно визначати в залежності від процесу обробки повітря. При зволоженні повітря, коли він асимулює вологу яка випорувалась, визначною температурою, по котрій знаходять значення ξ_d , є температура мокрого термометра. Для процесів осушення повітря, коли на охолодженій поверхні виділяється волога, визначальною є температура точки роси.

Залежність $\Delta G = \frac{Q(1-\varepsilon_{pe})}{\xi_{dr}(t)}$ (15) є загальною для указаних процесів. В

(15) ε_{pe} - коефіцієнт радіаційної ефективності, показуючий, яка доля теплоти відводиться радіаційним теплообміном. В табл. 1 та на малюнку 3 приведині



Мал.3 Графік залежності $1/\xi_d$ від температури та вологості повітря.

значення $1/\xi_d$ для температур та відносної вологості які найчастіше зустрічаються. До того ж значення φ в значній мірі характеризує систему охолодження, а ніж процес усушки.

С урахуванням ξ_d при $\varepsilon_{pe} = 0$ отримані і представлені в табл.2 значення $\frac{\Delta G}{Q} = \frac{1}{r(t)\xi_d}$ які порівнюють з експериментальними даними. Гарне співвідношення розрахункових та експериментальних результатів ще раз свідчить про правильне описання ΔG формулами (1);(5);(11).

Табл..1 Значення $1/\xi_d$ в залежності від температури та відносної вологості повітря в камері

$t_k, ^\circ\text{C}$	$\varphi_k = 1$	$\varphi_k = 0,95$	$\varphi_k = 0,9$
5	0,47	0,45	0,44
0	0,39	0,37	0,36
-0	0,45	0,43	0,42
-5	0,36	0,34	0,33
-10	0,27	0,26	0,25
-15	0,20	0,19	0,18
-20	0,14	0,135	0,13
-25	0,093	0,090	0,084
-30	0,060	0,057	0,054

Табл. 2. Порівняння розрахункових та експериментальних даних по знаходженню питомої усушки, віднесеної до одиниці теплоти, яка поступає в камеру.

$t_k, ^\circ\text{C}$	Единиця	Значение $(\Delta G/Q) \cdot 10^3$ кг/кДж, (10^3 кг/ккал)				
		Расчетные данные при			Экспериментальные данные охлаждения	
		$\varphi_k = 1$	$\varphi_k = 0,95$	$\varphi_k = 0,9$	батарееного	воздушного
-10	кг/кДж кг/ккал	9,45 0,396	9,10 0,381 *	8,75 0,366 **	0,27...0,26 сравнивают с (*) при $\varepsilon_{p,z} = 0,317$, 0,381 (1 - 0,317) = = 0,26	0,35 сравнивают с (**) при $\varepsilon_{p,z} = 0$
-20	кг/кДж кг/ккал	4,86 0,204	4,68 0,196 *	4,50 0,189 **	0,14 эксперимент прове- ден при $t_k = -18 ^\circ\text{C}$; $\varepsilon_{p,z} = 0,329$; перс- счет (*) на данные условия 0,196 (1 - - 0,329) = 0,132	0,2 эксперимент про- веден при $t_k =$ = $-18 ^\circ\text{C}$, сра- внивают с (**)

Загальним правилом розрахунку ΔG для камер зберігання є необхідність врахування радіаційної ефективності системи охолодження, а також направлення процесу зміни стану повітря (зволоження та осушення). Наприклад, якщо ΔG розраховується по температурі точки роси t_p яка відповідає середній температурі повітря в апараті. Якщо ΔG розраховується по кількості вологи ,яка випарувалась з продукту, то ξ_d визначають по t_m яка відповідає параметрам повітря на початку процесу.

В таблиці 3 приведені результати розрахунків ΔG та її порівняння з експериментальними даними для камери ємкістю 1000 т з повітряним охолодженням. Умови роботи камери характеризуються: $t_k=17,8^\circ\text{C}$, $\phi=0.86\dots 0.9$; температура на технічному поверсі $t_k=-19,5^\circ\text{C}$, $\phi=0,9$. Теплове навантаження на камеру було 134 080 кДж, з них $Q_{\text{ел}}=54\ 000$ кДж теплоти, яка надійшла від електродвигунів вентиляторів. Вентилятори розташовані до повітроохолодника. Розрахункові та експериментальні данні гарно узгоджуються між собою.[1]

1.2. Яблука. Режими та способи зберігання. Особливості зберігання. Способи зменшення усушки.

Лежкість яблук пов'язана з їх здатністю проходити післязбиральне дозрівання. У більш ранніх за термінами дозрівання сортів лежкість невисока, пізні зберігаються довше (до 8 міс.), так як у них довший період дозрівання. У нашій країні вирощується багато сортів яблук, а це ускладнює розробку єдиного комплексу машин, раціональної технології збирання, транспортування, зберігання і реалізації плодів.

Як показує світова практика, постачання населення яблуками може бути організовано-раціональним при вирощуванні обмеженого числа сортів. Так, у Франції до 80% споживаних яблук представлено сортом Делішес , в Італії на частку сортів Імператор і Джонатан припадає понад 70% загального обсягу виробництва яблук. У нашій країні також необхідно обмежити в кожній зоні

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вирощування яблук двома-трьома цінними сортами, які займали б не менше 80% площі садів.

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

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

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

Більша частина сортів добре зберігається при температурі, близькій до 0°C . Недозрілі плоди при низькій температурі зберігання не дозрівають, залишаються грубими по консистенції, забарвлення, смак і аромат не покращується.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Зберігання яблук в умовах РГС дає можливість уповільнити процеси дозрівання і продовжити терміни зберігання без зниження товарних якостей. Крім того, з підвищенням вмісту CO₂ і зниженням O₂ сповільнюються процеси життєдіяльності, що може запобігти фізіологічні розлади (потемніння м'якоті та ін.) Для кожного сорту яблук існує оптимальне співвідношення компонентів газового середовища і температури, що забезпечують збереження яблук. Деякі сорти (Золоте чудове) витримує високі концентрації CO₂ (до 8-10%); велика частина сортів - до 5% CO₂. Такі сорти, як Антонівка, Пармен зимовий золотий не витримують підвищення концентрації CO₂ навіть до 2% і добре зберігаються при 0-1% CO₂.

При зберіганні плоди виділяють велику кількість етилену, накопичення якого негативно впливає на збереженість. Для підтримки оптимально-допустимої концентрації етилену (0,5 мг / г) необхідно періодичне вентилявання.

З берігання в холодильниках. Відсортовані та відкалібровані яблука упаковують в стандартну тару і завантажують холодильник не пізніше, ніж через добу після збирання. Запізнення на добу скорочує термін зберігання яблук на 10-15 днів. Продукцію розміщують окремими партіями одного сорту, зібрані в однаковій мірі зрілості.

Для уповільнення дозрівання перед завантаженням у холодильник яблука можна охолодити до температури 5-6 ° С. Ефективна теплова обробка яблук перед закладанням на зберігання при температурі близько 30 ° С

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом 4 діб, такий прийом дозволяє видалити з тканин етилен. Після цього яблука охолоджують і зберігають. У камерах холодильника влаштовують суцільний штабель, залишаючи при цьому вентиляційні проміжки шириною 10 см через кожні 2-4 ящика.

У сховищах без засобів механізації ящики з плодами встановлюють штабелями на піднесеній решітці подібній підлозі заввишки 2-3 м. Через кожні 3-5 м роблять проходи шириною до 1,0 м для огляду продукції.

У камерах місткістю до 50 т встановлюють один суцільний штабель без проходів. У камерах більшої місткості залишають центральний прохід шириною 150 см. Від стін і батарей штабелі повинні бути на відстані 50-60 см. У холодильних камерах необхідна циркуляція повітря. У перші 2-3 тижні вентилують 2-3 рази на добу, пізніше - 5-6 разів на добу протягом 1 години.

Широко застосовують упаковку яблуку формі поліетиленової плівки. Це пакети на 1,0-1,5 кг, вкладиші в ящики на 25-30 кг, вкладиші в контейнери на 250-350 кг. У такій упаковці сповільнюється дозрівання, зменшується випаровування вологи і інтенсивність дихання. У поліетиленовій плівці можуть зберігатися не всі сорти яблук. Плоди Антонівки в таких умовах швидко вражаються засмагою. Найбільш стійкі Ренет Симиренка, Джонатан, Пепін шафранний та інші... Для кожного сорту яблук потрібно підібрати товщину плівки, розмір упаковки, ступінь герметизації стосовно до умов зберігання. В результаті яблука зберігаються довго і з незначними втратами.

У камерах з РГС яблука зберігаються до липня. Але такий спосіб обходиться дорого. Тому для основної маси плодів застосовують звичайне холодне зберігання і реалізують продукцію до квітня. У камери РГС плоди завантажують у контейнери або ящики на піддонах суцільним штабелем без проходів за 2-3 дні. Після завантаження навпроти оглядового вікна поміщають контрольні зразки в ящики для спостереження за продукцією. Двері камери герметично закривають, встановлюють оптимальну температуру і вологість. За допомогою газогенератора та апарату очищення

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(скрубера) створюють необхідний склад газового середовища. По закінченні зберігання камери потрібно розгерметизувати і протягом 2-3 годин інтенсивно вентилують.

У нашій країні для захисту від хвороб і в'янення застосовують спеціальний склад з йоду, йодистого калію, крохмалю, бікарбонату натрію (харчова сода) і води. Цей захисний склад являє собою порошок темно-синього кольору без смаку і запаху. Яблука обробляють водним розчином цього складу. У результаті утворюється тонка міцна плівка йодополімера, яка при зберіганні не обсипається. Перед вживанням вона легко змивається теплою водою. Застосовують також захисний склад, отриманий на основі харчових жирів і харчового антисептика.

При зберіганні яблуко можна загортати в папір, просочений вазеліновим маслом. Цей прийом запобігає появі засмаги яблук, наприклад, у Антонівки. (Вазелінове масло адсорбує виділяються плодами летючі речовини, які викликають ураження засмагою).

Хвороби яблук при зберіганні викликаються мікроорганізмами і порушенням обміну речовин. Найбільш шкідливі гнилі, збудниками яких є гриби. Основні заходи боротьби з ними: запобігання ушкоджень при збиранні, відбракування при сортуванні пошкоджених і з ознаками хвороби яблук.

З фізіологічних хвороб поширені засмага (побуріння шкірки), побуріння м'якоті, побуріння серцевини, пухлість плодів, підшкірна плямистість, в'янення плодів. Заходи боротьби: правильна агротехніка, оптимальні режими зберігання.[2]

1.3. Зберігання картоплі. Запобігання усушки.

До початку збирання картоплі сховища очищають від землі, сміття, залишків бульб; після чого просушують і дезінфікують розчином свіжогашеного вапна (2,5 кг на 8-10 л води). Потім приміщення обкурюють за допомогою спеціальних шашок для боротьби з хворобами та шкідниками.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводиться завчасний профілактичний огляд, дезінфекція та налагодження використовуваного в сховище вентиляційного та складського обладнання. Втрати при зберіганні залежать значною мірою від стану надійшов на зберігання картоплі. Бульби повинні бути здоровими, чистими, сухими і дозрілими.

Після збирання картоплі його бажано надіслати на попереднє сортування для уникнення розчавлених, підморожених, гнилих, уражених грибковою цвіллю або пророслих бульб.

Картоплю закладають на зберігання відразу після складання. Протягом 10-15 діб після закладання на зберігання картоплю проходить «лікувальний» період, бульби витримують при температурі 12-18°C і високої відносної вологості повітря 90-95% для загоєння механічних поранень і зміцнення покривної тканини.

Слід зазначити, що чим нижче температура під час процесу загоєння ушкоджень, тим довше протікає сам процес. Вентилювання, як правило, ведеться рециркуляційним повітрям 6 разів на добу по 30 хвилин з рівномірними інтервалами.

Після закінчення цього періоду температура повинна поступово знижуватися по 0,3-1 ° С на добу за період 20-25 діб до необхідної температури зберігання. Овочі за активної вентиляції охолоджуються в можливо короткі терміни (не більше 15 діб), незалежно від способів охолодження.

При надходженні на зберігання мокрого картоплі виробляється осушка продукції за допомогою систем вентилявання. Усушка картоплі здійснюється, як правило, зовнішнім повітрям. При дощовій погоді усушка здійснюється сумішшю зовнішнього і внутрішнього повітря. Тривалість усушки однієї партії продукції не повинна перевищувати 3-х діб.

Режим зберігання картоплі визначається багатьма факторами, до числа яких входять температура, відносна вологість і господарське призначення самого картоплі (насінневий, столовий, чіпсова, крохмальний). Зберігання

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

починається з моменту встановлення необхідної температури і триває до кінця зберігання та реалізації картоплі.

Залежно від господарського призначення картоплі температура зберігання може варіювати від 2 до 12 ° С. Відносна вологість повітря при зберіганні має великий вплив на лежкість картоплі. Оптимальний режим вологості дозволяє зберегти продовольчі та насінневі якості бульб. У той же час надмірна вологість, особливо при утворенні крапельно-рідкої вологи, сприяє розвитку збудників хвороб і збільшує втрати за сезон зберігання.

Крім того, підвищена вологість середовища в поєднанні з підвищеною температурою сприяє проростанню бульб. У той же час знижена відносна вологість повітря при зберіганні картоплі призводить до підсихання бульб і погіршення їх насінневих та продовольчих якостей.

У практиці зберігання зміна відносної вологості був із зміною температури. Розумно використовуючи добове зміна відносної вологості повітря і температури, вентилюючи картоплю сумішшю зовнішнього повітря з повітрям сховища, можна успішно підтримувати необхідну відносну вологість. Оптимальні значення 85-95%.

Існує кілька способів розміщення картоплі в сховищі:

- навалом;
- у контейнерах;
- в ящиках;
- в мішках.

При зберіганні в мішках або навалом і за відсутності заходів, спрямованих на запобігання пошкоджень нижніх шарів, висоту шару бульб встановлюють залежно від щільності бульб, якості партії та умов вентиляції. Максимальна висота складування при Навальний способі зберігання 5 м.

Зберігання картоплі в тарі більш зручно. Воно дозволяє повністю механізувати трудомісткі процеси навантаження і вивантаження, полегшує і покращує умови перевезення, забезпечує хороше збереження картоплі. Ящики слід встановлювати таким чином, щоб можна було забезпечити вільну

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циркуляцію повітря. Піддони ящиків встановлюють у камері штабелями висотою не більше 5,5 м.

Допускається, враховуючи висоту камери, характеристики міцності тари, технічні характеристики засобів механізації та можливості забезпечити умови та режим зберігання, збільшити висоту штабеля.

Вентиляція - дуже важлива умова для нормального зберігання картоплі. У безкисневому середовищі бульби задихаються і гинуть. Якщо кисню недостатньо, чорніє м'якоть бульб, насамперед у серцевині. За допомогою вентиляції регулюють усі фактори, що впливають на зберігання: температуру, вологість і газовий склад повітря в сховище.

При Навальний зберіганні передбачається активне вентилявання, а при зберіганні в тарі - загальнообмінна вентиляція.

Система активного вентилявання повинна забезпечувати подачу в масу продукції зовнішнього або внутрішнього повітря або їх суміші необхідної температури, можливість зміни інтенсивності вентилявання в окремих приміщеннях сховища або частинах насипу продукції за рахунок застосування регулюючих пристроїв.

У картоплесховищах система активної вентиляції, в тому числі з використанням штучного холоду, повинна для підтримки необхідного температурно-вологісного режиму використати природний холод в максимально можливій мірі.

Повітря в насип картоплі подається знизу вгору. Забір зовнішнього і рециркуляційного повітря регулюються спеціальними затворами, робота яких автоматизована. Повітря поширюється по магістральних і підлоговим каналах.

Система загальнообмінної вентиляції повинна забезпечувати подачу в камеру сховища зовнішнього повітря, повну або часткову рециркуляцію внутрішнього повітря (при необхідності з штучним його охолодженням і зволоженням), а також перемішування повітря в обсязі сховища.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура подаваного вентиляційного повітря повинна бути на 2-3 ° С нижче температури картоплі при його охолодженні або на 2-3 ° С вище температури при його отепленній.

Повітрообмін в камерах здійснюють через вентиляційну систему в перший тиждень зберігання щодня, а в наступний період - через кожні 3 діб. Кількість додається зовнішнього повітря - від 1 до 3 обсягів незавантаженої камери на добу.

Рекомендовано кратність циркуляції в лікувальний період і період охолодження - 50-70 м³ / Т * год, залежно від кліматичної зони. Циркуляцію повітря в камері під час охолодження картоплі здійснюють безперервно з кратністю 20-30 обсягів незавантаженої камери в 1 год до досягнення температури картоплі не більше ніж на 1 °С вище максимальної температури повітря в камері для даного ботанічного сорту картоплі. Потім періодично по 30 хв з кратністю не більше 20 обсягів незавантаженої камери в 1 год при загальній тривалості не більше 3 год в 1 добу.

У період основного зберігання (взимку) циркуляцію знижують на 50% і проводять періодично по 30 хв не більше 3 годин на добу.

Періодичну циркуляцію здійснюють при відхиленні температури і відносної вологості повітря від встановлених значень.

При температурі зберігання нижче 10°С в кінці періоду зберігання до сортування та пакування кожен партію картоплі обдувають теплим повітрям, доводячи його температуру до +10- +15 °С зі швидкістю 0,5-2 °С / доб, а потім при необхідності (для ресинтезу цукрів у крохмаль) його витримують при цій температурі не більше 10 діб. [3]

Найменування	Значення
Умови штучного зберігання	
Температура зберігання, °С	+2...+4
- продовольчої картоплі	+3...+5
- семенної картоплі	+10...+12
- солодкої картоплі	+4...+6

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-картоплі для переробки на крохмаль	+6...+8
-картоплі для переробки на фрі	+8...+10
-картоплі для переробки на чіпси	+8...+10
Відносна вологість, %	90-95
-в період «лікування»	85-95
-в період основного зберігання	
Тривалість зберігання, діб	120-365

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

2. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

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

2.1. Теплонадходження через загороджуючі конструкції

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \text{Вт};$$

де Q_{1m}, Q_{1c} - надходження теплоти відповідно через стіни, простінки, перекриття, покрівлю, через підлогу, від сонячної радіації, Вт.

$$Q_{1m} = K_{\theta} \cdot F \cdot \theta \cdot 10^{-3} = K_{\theta} \cdot F \cdot (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}), \text{Вт};$$

Камера №1 (Камера зберігання охолодженої картоплі, $t = 4^{\circ}\text{C}$)

Визначення надходження теплоти через зовнішню північну стіну в камері зберігання картоплі.

$$t_{\text{к.зб.}} = 4^{\circ}\text{C};$$

$$K_{\theta} = 0,26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$t_{\text{зов.}} = 31,8^{\circ}\text{C};$$

$$F = 150,8 \text{ м}^2;$$

$$Q_{1m} = 0,26 \cdot 150,8 \cdot (31,8 - 4) = 1089,98 \text{ Вт};$$

$$\theta = (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = (31,8 - 4) = 27,8^{\circ}\text{C};$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{1c} = K_{\theta} \cdot F \cdot \Delta t_c, \text{Вт};$$

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>В.А. Новаковський</i>			<i>Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та фруктосховищ.</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Р.В. Грищенко</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						ТЕХТ ННІТІ НУХТ		

де Δt_c – надлишкова різниця температур від впливу прямого сонячного випромінювання на дане огороження.

$$Q_{lc} = 0,26 \cdot 150,8 \cdot 0 = 0 \text{ Вт};$$

$$Q_l = Q_{lm} + Q_{lc} = 1089,98 + 0 = 1089,98 \text{ Вт};$$

Теплонадходження через підлогу:

Підлога розміщена на ґрунті та має обігрівачі пристрої тому теплоприток через неї визначається за формулою :

$$Q_{lm} = K_d \cdot F \cdot (t_z - t_{\text{вн.}}), \text{ Вт};$$

де K_d — коефіцієнт теплопередачі конструкції підлоги, Вт/(м²·К); t_z — середня температура поверхні для підігріву ґрунту.

$$Q_{lm} = 0,2 \cdot 537 \cdot (1 - 4) = -322 \text{ Вт};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Теплонадходження через загороджуючі конструкції.

Камера №1										
Назва огороження		tзов, °С	tвнут, °С	tзов- tвн, °С	к д, Вт/м ² ·К	F, м ²	Q1т, Вт	tc, °С	Q1c, Вт	Q1, Вт
Стіна зовнішня	північ	31,80	4	27,8	0,26	150,8	1089,98	0	0	1090
Стіна внутр(експедиція)	північ	15	4	11	0,4	61,55	270,82	0	0	271
Стіна зовнішня	схід	31,80	4	27,8	0,26	150,8	1089,98	0	0	1090
Стіна зовнішня	захід	31,80	4	27,8	0,26	150,8	1089,98	4,9	192,1192	1282
Стіна внутрішня	захід	36	4	32	0,26	122,06	1015,54	0	0	1016
Стіна внутр(експедиція)	захід	15	4	11	0,4	41,8	183,92	0	0	184
Покрівля		31,8	4	27,8	0,21	537	3135,01	14,9	1680,273	4815
Підлога		1	4	-3	0,2	537	-322,2	0	0	-322
									Разом	9425

Камера №2										
Стіна зовнішня	північ	31,80	-0,5	32,3	0,26	150,8	1266,42	0	0	1266
Стіна внутр(експедиція)	північ	15	-0,5	15,5	0,4	61,55	381,61	0	0	382
Стіна зовнішня	схід	31,80	-0,5	32,3	0,26	150,8	1266,42	0	0	1266
Стіна зовнішня	захід	31,80	-0,5	32,3	0,26	150,8	1266,42	4,9	192,1192	1459
Стіна внутрішня	захід	36	-0,5	36,5	0,26	122,06	1158,35	0	0	-1158
Стіна внутр(експедиція)	захід	15	-0,5	15,5	0,4	41,8	259,16			259
Покрівля		31,8	-0,5	32,3	0,21	537	3642,47	14,9	1680,273	5323
Підлога		1	-0,5	1,5	0,2	537	161,1	0	0	161
									Разом	11274

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

Камера №1 (Камера зберігання охолодженої картоплі, $t = 4^{\circ}\text{C}$).

Картопля надходить в камеру з температурою $t_1 = 8^{\circ}\text{C}$.

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання:

$$Q_{2np} = M_{np} \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600};$$

де M_{np} - добове надходження продуктів (10% місткості камери зберігання), т/добу; Δh - різниця питомих ентальпій продуктів, які відповідають початковим та кінцевим температурам продукту Дж/кг;

$$Q_{2np} = 100 \cdot (302 - 287) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 17361, \text{Вт}$$

Теплонадходження від тари Q_{2m} , кВт:

$$Q_{2m} = M_m \cdot c_m \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \text{Вт};$$

де M_m - добове надходження тари (10% від маси вантажу), т/добу; c_m - питома теплоємність тари, Дж/кг · К; t_1 і t_2 - початкова і кінцева температура тари (приймаються рівними початковій і кінцевій температурі продукту), $^{\circ}\text{C}$.

$$c_m = 2720 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$$

$$Q_{2m} = (0,05 \cdot 250) \cdot 2720 \cdot (8 - 4) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 1574,07, \text{Вт}$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 18935 \text{ Вт};$$

Для іншої камери розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.2.

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

№ камери	Емність Ек т	Добове надходження вантажу М т	$h_{\text{поч}} \text{ кДж/кг}$	$h_{\text{кін}} \text{ кДж/кг}$	$Q_{\text{ван}} \text{ Вт}$	Добове надходження тари Мтари т	$t_{\text{поч}}$	$t_{\text{кін}}$	Стари кДж/(кг*К)	Q тари, Вт	Q2, Вт
1	1000	100	302	287	17361	12,5	8	4	2720	1547,07	18935
2	1000	100	274	270	4629	12,5	2	0,5	2720	1047	5676

2.3. Теплонадходження при вентиляції приміщення.

Теплопритоки від навколишнього повітря при вентиляції враховуємо тільки при проектуванні камер зберігання охолоджених фруктів.

$$Q_3 = M_{\text{пов}} \cdot (h_{\text{зов}} - h_{\text{вн}}), \text{Вт};$$

де $M_{\text{пов}}$ — масова витрата вентиляційного повітря, кг/с; $h_{\text{зов}}, h_{\text{вн}}$ — питомі ентальпії зовнішнього повітря та повітря в камері, Дж/кг.

$$M_{\text{пов}} = \frac{V_k \cdot a \cdot \rho_{\text{пов}}}{24 \cdot 3600}, \text{кг/с};$$

де V_k — об'єм вентиляваного приміщення, м³; a — кратність повітрообміну; $\rho_{\text{пов}}$ — густина повітря при температурі та відносній вологості повітря в камері, кг/м³.

Камера №1 (Камера зберігання охолодженої картоплі, $t = 4^\circ\text{C}$).

$$V_k = 3033 \text{ м}^3; a = 4; \rho_{\text{пов}} = 1,2736 \text{ кг/м}^3.$$

$$M_{\text{пов}} = \frac{3033 \cdot 4 \cdot 1,2736}{24 \cdot 3600} = 0,17 \text{ кг/с};$$

$$Q_3 = 0,17 \cdot (61000 - 0) = 10370 \text{ Вт};$$

Камера №2 (Камера зберігання охолоджених яблук, $t = -0,5^\circ\text{C}$).

$$V_k = 3033 \text{ м}^3; a = 4; \rho_{\text{пов}} = 1,28 \text{ кг/м}^3.$$

$$M_{\text{пов}} = \frac{3033 \cdot 4 \cdot 1,28}{24 \cdot 3600} = 0,1685 \text{ кг/с};$$

$$Q_3 = 0,1685 \cdot (61000 - 6000) = 9267,5 \text{ Вт};$$

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Експлуатаційні теплонадходження.

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

де q_1, q_2, q_3, q_4 – надходження теплоти відповідно від освітлення, перебування людей, працюючих електродвигунів та відчинення дверей.

Теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A \cdot F, \text{Вт}$$

де A – теплота, яка виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на 1 м^2 площі пола, $\text{Вт}/\text{м}^2$; F – площа камери, м^2 .

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \cdot n, \text{Вт}$$

де 350 – тепловиділення однієї людини, Вт ; n – число людей, які працюють в даному приміщенні.

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}}, \text{Вт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = K \cdot F, \text{Вт}$$

де K – питоме надходження теплоти від відкривання дверей, $\text{Вт}/\text{м}^2$; F – площа камери, м^2 .

Камера №1 (Камера зберігання охолодженої картоплі, $t = 4^\circ\text{C}$).

Теплонадходження від освітлення:

$$F = 537 \text{ м}^2; A = 2,3 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

$$q_1 = 2,3 \cdot 537 = 1235,1 \text{ Вт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n = 2 \text{ люд.};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 700 \text{ Вт};$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 4000 \text{ Вт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=12 \text{ Вт/м}^2; F=537 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 12 \cdot 537 = 6444 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1235,1 + 700 + 4000 + 6444 = 12379,1 \text{ Вт};$$

Розрахунки для іншої камери проводимо так само, і результати заносимо в табл.2.4.

Таблиця 2.4. Експлуатаційні теплонадходження.

№камери	q1			q2		q3	q4			Q4
	F	A	q1	n	q2	q3	F	B	q4	
	м.кв	Вт/м.кв	Вт	чол	Вт	Вт	м.кв	Вт/м.кв	Вт	
1	537	2,3	1235	2	700	4000	537	12	6444	12379
2	537	2,3	1235	2	700	4000	537	12	6444	12379

2.5. Теплонадходження від «дихання» фруктів.

Теплопритоки від фруктів при «диханні» враховуємо при проектуванні цеху товарної обробки, накопичувального тамбуру та камер зберігання охолоджених фруктів.

$$Q_5 = B_k \cdot (0,1 \cdot q_n + 0,9 \cdot q_{зб}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де B_k — місткість камери, т; $q_n, q_{зб}$ — тепловиділення плодів при температурах надходження та зберігання Вт/т.

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера №1 (Камера зберігання охолодженої картоплі, $t = 4^{\circ}\text{C}$).

$$q_n = 24,6 \text{ Вт/т}; q_{зб} = 23,3 \text{ Вт/т}.$$

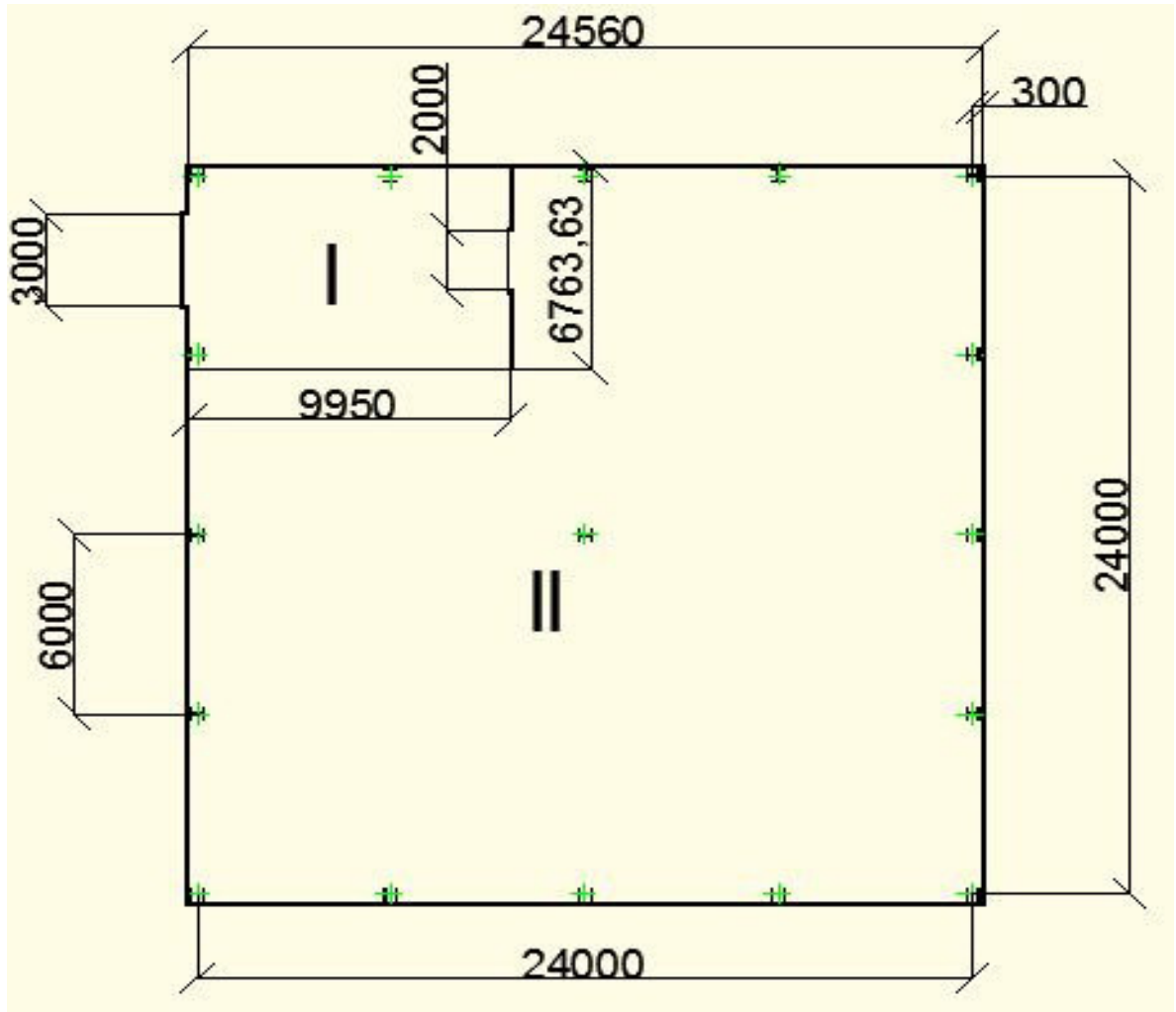
$$Q_5 = 1000 \cdot (0,1 \cdot 24,6 + 0,9 \cdot 23,3) = 23430 \text{ Вт};$$

Розрахунки для іншої камери проводимо так само, і результати заносимо в табл.2.5.

Таблиця 2.5. Теплонадходження від «дихання» фруктів.

№ камери	$q_{надх}$	$q_{збер}$	E_k	Q_5
	Вт/т	Вт/т	т	Вт
№1	24,6	23,3	1000	23430
№2	14	10	1000	10400

ПЛАН КАМЕРИ



I – експедиція

II – камера зберігання місткістю 1000т

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 000.142.011.007.2022.ПЗ

Арк.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК УСУШКИ

3.1. Розрахунок усушки для картоплі.

Розрахункова площа теплогороджуючої конструкції камери

$$\begin{aligned} F_K &= F_{\text{пок}} + F_{\text{ст.півн}} + F_{\text{ст.зах}} + F_{\text{ст.півд}} + F_{\text{вн.схід}} + F_{\text{вн.півн}} + F_{\text{ст.схід}} = \\ &= 150,8 + 61,55 + 150,8 + 150,8 + 122,06 + 41,8 + 537 = 1214,81 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Приймаємо $F_K = 1215 \text{ м}^2$

Приведений коефіцієнт теплопередачі конструкції камери

$$\begin{aligned} K_K &= \frac{K_{\text{пок}} F_{\text{пок}} + K_{\text{ст}} (F_{\text{ст.півн}} + F_{\text{ст.зах}} + F_{\text{ст.півд}} + F_{\text{ст.сх}}) + K_{\text{ст.вн}} (F_{\text{вн.схід}} + F_{\text{вн.півн}})}{F_K} \\ &= \frac{0,21 \cdot 537 + 0,26(150,8 + 122,06 + 150,8 + 150,8) + 0,4(61,55 + 41,8)}{1215} \\ &= 0,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}); \end{aligned}$$

Внутрішні теплопритоки в камері

$$\begin{aligned} Q_{\text{вн}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = \\ &= 9425 + 18935 + 10370 + 12379,1 + 23430 = 74539 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>В.А. Новаковський</i>			<i>Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та фруктосховищ.</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Р.В. Грищенко</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						<i>ТЕХТ ННІТИ НУХТ</i>		

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{пл}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{пл}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

1. Розрахунок для камери з температурою кипіння 0°C

$$t_{\text{ст}} = +4 - \frac{15 \cdot 4}{16} = 0,4^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{\text{пл}} = 2 \text{ мм}$, $t_{\text{пл}} = 2^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{пл}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{4,9 - 4}{(4) - (2)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(2)}{1,014} = 1,4$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,4 = 22 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{74539}{15 \cdot 4} = 1242 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{74539 - 18935}{15 \cdot 4} = 926 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 повітроохолодники фірми GUNTNER серія GACA RX

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зоб} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{пл}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 55604 + 22 \cdot 926 \cdot (2)}{0,28 \cdot 1215 + 22 \cdot 926} = 5^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{пл}^2 + \delta_{пл}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200$ кДж/м³;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{22}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(5) - (2)] \cdot 16(1,4 - 1)} = 62340 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{пл}}{\lambda_{пл}}} = \frac{1}{0,002} = 115 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = 0,8^\circ\text{C}$

$$t_{пл} = \frac{22(5) + 115(0,8)}{22 + 115} = 1,8^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_{\omega})}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 22 \cdot 926 (2828 - 2,1(2))}{22 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 5)} = 1244$$

$$\varphi = \frac{100 + (926 \cdot 4 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{926 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{100}} = 96.4\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{пл}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}} \delta_{\text{ін}}}{\alpha_1 \lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{5 - (2) \cdot (1,4 - 1) \cdot 926 \cdot 200}{1,4 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{22}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 0,925 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{0,925 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,24\%$$

2. Розрахунок для камери з температурою кипіння -2°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{ін}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

.Розрахунок для камери з температурою кипіння -2°C

$$t_{\text{ст}} = +4 - \frac{15 \cdot 6}{16} = -1,53^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$\delta_{\text{ін}} = 2 \text{ мм}, t_{\text{ін}} = -0,6^\circ\text{C}, \varphi = 90\%$$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{ін}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{5 - 3,8}{(4) - (0,6)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-0,6)}{1,014} = 1,61$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,61 = 26 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{74539}{15 \cdot 6} = 828 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{74539 - 18935}{15 \cdot 6} = 618 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 повітроохолодники фірми GUNTNER серія GHN/GHF

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зоб} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{ін}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 55604 + 26,1 \cdot 618 \cdot (-0,6)}{0,28 \cdot 1215 + 26,1 \cdot 618} = 3,4^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубi скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{ін}^2 + \delta_{ін}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200$ кДж/м³;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{26}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(3,4) - (-0,6)] \cdot 16(1,61 - 1)} = 31600 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{ін}}{\lambda_{ін}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -0,8^\circ\text{C}$

$$t_{ін} = \frac{26(2,4) + 115(-0,8)}{26 + 115} = -0,586^\circ\text{C}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 618 (2828 - 2,1(2,2))}{5 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 3,4)} = 1244$$

$$\varphi = \frac{100 + (1244 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{1244 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{100}} = 96,4\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{13,6 - (-0,8) \cdot (1,93 - 1) \cdot 618 \cdot 200}{1,93 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{26}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,28\%$$

3. Розрахунок для камери з температурою кипіння -4°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{ін}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

Розрахунок для камери з температурою кипіння -4°C

$$t_{\text{ст}} = +4 - \frac{15 \cdot 8}{16} = -3,382^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{\text{ін}} = 2 \text{ мм}$, $t_{\text{ін}} = -0,9^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{ін}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{4,9 - 3}{(4) - (0,9)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-0,9)}{1,014} = 1,9$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,9 = 33,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{74539}{15 \cdot 8} = 622 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{74539 - 18935}{15 \cdot 8} = 464 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 повітроохолодники фірми GUNTNER серія GACA RX

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зоб} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{ін}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 55604 + 33,8 \cdot 464 \cdot (-0,9)}{0,28 \cdot 1215 + 33,8 \cdot 464} = 3,2^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{ін}^2 + \delta_{ін}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200$ кДж/м³;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{26}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(3,4) - (-0,9)] \cdot 16(1,9 - 1)} = 17720 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{ін}}{\lambda_{ін}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -1,5^\circ\text{C}$

$$t_{ін} = \frac{33,8(3,2) + 115(-1,5)}{33,8 + 115} = -0,86^\circ\text{C}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 464 (2828 - 2,1(2,2))}{5 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 3,2)} = 1639$$

$$\varphi = \frac{100 + (1639 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3})}{1 + 16} = 95\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{3,2 - (-1,5) \cdot (1,9 - 1) \cdot 464 \cdot 200}{1,9 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{33,8}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,32\%$$

4. Розрахунок для камери з температурою кипіння -6°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{ін}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

Розрахунок для камери з температурою кипіння -6°C

$$t_{\text{ср}} = +4 - \frac{15 \cdot 10}{16} = -5.23^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{\text{ін}} = 2 \text{ мм}$, $t_{\text{ін}} = -1.8^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{ін}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{4.9 - 2.5}{(4) - (1.8)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-1.8)}{1,014} = 2.15$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 2.15 = 35 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{74539}{15 \cdot 10} = 497 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{74539 - 18935}{15 \cdot 10} = 371 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 повітроохолодники фірми GUNTNER серія GHN|GHF

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зоб} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{ін}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 55604 + 35 \cdot 371 \cdot (-1,8)}{0,28 \cdot 1215 + 35 \cdot 371} = 3,1^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{ін}^2 + \delta_{ін}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200$ кДж/м³;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{35}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(3,1) - (-1,8)] \cdot 16(2,15 - 1)} = 13800 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{ін}}{\lambda_{ін}}} = \frac{1}{0,002} = 115 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -3^\circ\text{C}$

$$t_{ін} = \frac{35(3,1) + 115(-3)}{35 + 115} = -1,7^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 371 (2828 - 2,1(2,2))}{5 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 3,4)} = 2109$$

$$\varphi = \frac{100 + (2109 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{2109 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{100}} = 94\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{(3,1 - (-1,8)) \cdot (2,15 - 1) \cdot 371 \cdot 200}{2,15 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{35}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{1,58 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,41\%$$

5. Розрахунок для камери з температурою кипіння -8°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{ін}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

Розрахунок для камери з температурою кипіння -6°C

$$t_{\text{ст}} = +4 - \frac{15 \cdot 12}{16} = -7^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{\text{ін}} = 2 \text{ мм}$, $t_{\text{ін}} = -2.5^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{ін}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{4.9 - 2.2}{(4) - (2.5)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-2.5)}{1,014} = 2.16$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 2.16 = 35 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{74539}{15 \cdot 12} = 414 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{74539 - 18935}{15 \cdot 12} = 309 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 повітроохолодники фірми GUNTNER серія GACA RX

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зоб} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{ін}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 55604 + 35 \cdot 309 \cdot (-2,5)}{0,28 \cdot 1215 + 35 \cdot 309} = 3,5^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубi скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{ін}^2 + \delta_{ін}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200$ кДж/м³;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{35}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(3,5) - (-2,5)] \cdot 16(2,16 - 1)} = 11500 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{ін}}{\lambda_{ін}}} = \frac{1}{0,23} = 115 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -4^\circ\text{C}$

$$t_{ін} = \frac{35(3,5) + 115(-4)}{35 + 115} = -2,24^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_{\omega})}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 309 (2828 - 2,1(2,2))}{5 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 3,5)} = 2890$$

$$\varphi = \frac{100 + (2890 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{2890 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{100}} = 94\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{(3,5 - (-4)) \cdot (2,16 - 1) \cdot 309 \cdot 200}{2,16 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{35}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 1,89 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{1,89 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,49\%$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Розрахунок усушки для яблук.

Розрахункова площа теплогороджуючої конструкції камери

$$F_k = F_{\text{пок}} + F_{\text{ст.півн}} + F_{\text{ст.зах}} + F_{\text{ст.півд}} + F_{\text{вн.схід}} + F_{\text{вн.півн}} + F_{\text{ст.схід}} = \\ = 150,8 + 61,55 + 150,8 + 150,8 + 122,06 + 41,8 + 537 = 1214,81\text{м}^2$$

Приймаємо $F_k = 1215\text{м}^2$

Приведений коефіцієнт теплопередачі конструкції камери

$$K_k = \frac{K_{\text{пок}}F_{\text{пок}} + K_{\text{ст}}(F_{\text{ст.півн}} + F_{\text{ст.зах}} + F_{\text{ст.півд}} + F_{\text{ст.сх}}) + K_{\text{ст.вн}}(F_{\text{вн.схід}} + F_{\text{вн.півн}})}{F_k} \\ = \frac{0,21 \cdot 537 + 0,26(150,8 + 122,06 + 150,8 + 150,8) + 0,4(61,55 + 41,8)}{1215} \\ = 0,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

Внутрішні теплопритоки в камері

$$Q_{\text{вн}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = \\ = 11274 + 5676 + 9267,5 + 12379 + 10400 = 48997\text{Вт}$$

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні яблук, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200\text{м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від яблук в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})[\text{літ. 1}]$

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середнього значення густини інею $\lambda_{ін} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

1. Розрахунок для камери з температурою кипіння -5°C

$$t_{ст} = (-0,5) - \frac{15 \cdot 4,5}{16} = -4,6^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{ін} = 2 \text{ мм}$, $t_{ін} = -2,5^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{пл}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{3,7 - 3,2}{(-0,5) - (-2,5)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-2,5)}{1,014} = 1,49$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{пр}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,49 = 27,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{пов} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{48997}{15 \cdot 4} = 726 \text{ м}^2$$

$$F_{пов.мін} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{48997 - 5676}{15 \cdot 4} = 642 \text{ м}^2$$

Приймаємо 9 повітроохолодників фірми GUNTNER серія 051C\15

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{\text{зов}} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{\text{пр}}^1 F_{\text{пов}} t_{\text{ін}}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{\text{пр}}^1 F_{\text{пов}}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 43320 + 27,6 \cdot 642 \cdot (-2,5)}{0,28 \cdot 1215 + 27,6 \cdot 642} = 0,541^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{\text{пр}}'}{2\lambda_{\text{ін}}} \right] \delta_{\text{ін}}^2 + \delta_{\text{ін}}}{(t_1 - t_{\text{ін}}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200$ кДж/м³;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{27,6}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(0,541) - (-2,5)] \cdot 16(1,49 - 1)} = 36670 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{\text{ін}} = \frac{(\alpha_1)_{\text{пр}}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{\text{пр}}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -3^\circ\text{C}$

$$t_{\text{ін}} = \frac{27,6(0,541) + 115(-3)}{27,6 + 115} = -2,3^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

					<i>KP 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_k = \frac{828\alpha_1 F_{\text{пов}}(r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 642(2828 - 2,1(-2,5))}{27,6 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 0,541)} = 1261$$

$$\varphi = \frac{100 + (1261 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{1261 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{100}} = 92.4\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1)F_{\text{пов.ох}}\rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{0,541 - (-3) \cdot (1,49 - 1) \cdot 642 \cdot 200}{1,49 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{27,6}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 1,42 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{1,42 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,37\%$$

2. Розрахунок для камери з температурою кипіння -6°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середнього значення густини інею $\lambda_{iH} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

$$t_{\text{ст}} = (-0,5) - \frac{15 \cdot 5,5}{16} = -5,57^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{iH} = 2 \text{ мм}$, $t_{iH} = -3,5^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{iH}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{3,7 - 3}{(-0,5) - (-3,5)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-3,5)}{1,014} = 1,65$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,65 = 26,86 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{48997}{15 \cdot 5,5} = 594 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{48997 - 5676}{15 \cdot 5,5} = 525 \text{ м}^2$$

Приймаємо 9 повітроохолодників фірми GUNTNER серія 041D\28

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зов} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{ін}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 43320 + 26,86 \cdot 525 \cdot (-3,5)}{0,28 \cdot 1215 + 26,86 \cdot 525} = 0,32^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{ін}^2 + \delta_{ін}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200 \text{ кДж/м}^3$;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{26,86}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(0,32) - (-3,5)] \cdot 16(1,65 - 1)} = 31100 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{ін}}{\lambda_{ін}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -4,5^\circ\text{C}$

$$t_{ін} = \frac{26,86(0,32) + 115(-4,5)}{26,86 + 115} = -3,6^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_k = \frac{828\alpha_1 F_{\text{пов}}(r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 525(2828 - 2,1(-3,5))}{26,86 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + 0,32)} = 2200$$

$$\varphi = \frac{100 + (2200 \cdot 3 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{2200 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{100}} = 96,9\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1)F_{\text{пов.ох}}\rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{0,32 - (-4,5) \cdot (1,65 - 1) \cdot 525 \cdot 200}{1,65 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{26,86}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{1,54 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,40\%$$

3. Розрахунок для камери з температурою кипіння аміаку -7°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно

					<i>KP 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середнього значення густини інею $\lambda_{iH} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

Розрахунок для камери з температурою кипіння аміаку -4°C

$$t_{ct} = -0,5 - \frac{15 \cdot 6,5}{16} = -6,5^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$\delta_{iH} = 2 \text{ мм}$, $t_{iH} = -4,5^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{iH}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{3,7 - 2,7}{(-0,5) - (-4,5)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-4,5)}{1,014} = 1,7$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{пр}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,7 = 27,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{пов} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{48997}{15 \cdot 6,5} = 503 \text{ м}^2$$

$$F_{пов.мін} = \frac{\sum Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{48997 - 5676}{15 \cdot 6,5} = 444 \text{ м}^2$$

Приймаємо 9 повітроохолодників фірми GUNTNER серія 051D\110

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{зов} + \sum Q_i + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов} t_{ін}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{пр}^1 F_{пов}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 43320 + 27,62 \cdot 444 \cdot (-4,5)}{0,28 \cdot 1215 + 27,62 \cdot 444} = -0,1^\circ\text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{пр}'}{2\lambda_{ін}} \right] \delta_{ін}^2 + \delta_{ін}}{(t_1 - t_{ін}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200 \text{ кДж/м}^3$;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{27,62}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(-0,1) - (-4,5)] \cdot 16(1,7 - 1)} = 25260 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{ін} = \frac{(\alpha_1)_{пр}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{пр}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{ін}}{\lambda_{ін}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -6^\circ\text{C}$

$$t_{ін} = \frac{27,62(-0,1) + 115(-6)}{27,62 + 115} = -4,8^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_k = \frac{828\alpha_1 F_{\text{пов}}(r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 444(2828 - 2,1(-4,5))}{27,62 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + (-0,1))} = 2639$$

$$\varphi = \frac{100 + (2639 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{2639 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{100}} = 94\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1)F_{\text{пов.ох}}\rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{(-0,1) - (-6) \cdot (1,7 - 1) \cdot 444 \cdot 200}{1,7 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{27,62}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{2,04 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,53\%$$

4. Розрахунок для камери з температурою кипіння аміаку -8°C

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [літ. 1]

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{ін}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

Розрахунок для камери з температурою кипіння аміаку -6°C

$$t_{\text{ст}} = (-0,5) - \frac{15 \cdot 7,5}{16} = -7,4^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$\delta_{\text{ін}} = 2 \text{ мм}, t_{\text{ін}} = -5,5^\circ\text{C}, \varphi = 90\%$$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{ін}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{3,7 - 2,5}{(-0,5) - (-5,5)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-5,5)}{1,014} = 1,9$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 1,9 = 30,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{48997}{15 \cdot 7,5} = 436 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\Sigma Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{48997 - 5676}{15 \cdot 7,5} = 385 \text{ м}^2$$

Приймаємо 9 повітроохолодників фірми GUNTNER серія 041C\28

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{\text{зов}} + \Sigma Q_i + (\alpha_1)_{\text{пр}}^1 F_{\text{пов}} t_{\text{ін}}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{\text{пр}}^1 F_{\text{пов}}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 43320 + 30,82 \cdot 385 \cdot (-5,5)}{0,28 \cdot 1215 + 30,82 \cdot 385} = -0,9^\circ \text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{\text{пр}}'}{2\lambda_{\text{ін}}} \right] \delta_{\text{ін}}^2 + \delta_{\text{ін}}}{(t_1 - t_{\text{ін}}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200 \text{ кДж/м}^3$;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{30,82}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(-0,9) - (-5,5)] \cdot 16(1,9 - 1)} = 19210 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{\text{ін}} = \frac{(\alpha_1)_{\text{пр}}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{\text{пр}}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт/(м}^2 \text{К)}$$

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -7^\circ \text{C}$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{ін}} = \frac{30,82(-0,9) + 115(-7)}{30,82 + 115} = -5,7^{\circ}\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_{\omega})}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 385 (2828 - 2,1(-5,5))}{30,82 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + (-0,9))} = 2719$$

$$\varphi = \frac{100 + (2719 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{2719 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{100}} = 92\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}} \delta_{\text{ін}}}{\alpha_1 \lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{(-0,9 - (-7)) \cdot (1,9 - 1) \cdot 385 \cdot 200}{1,9 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{30,82}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 2,12 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,55\%$$

5. Розрахунок для камери з температурою кипіння аміаку $-10,5^{\circ}\text{C}$

Місткість камери 1000 т.

Приймаємо:

внутрішні додаткові (окрім продуктів) джерела вологи відсутні $\sum \omega_i = 0$;

наружна площа поверхні картоплі, яку омиває повітря $F_{\text{пр}} = 123200 \text{ м}^2$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{пр}} = V_{\text{ящ}} \cdot n_{\text{ящ}} \cdot F_{\text{п}} = 0,640 \cdot 2500 \cdot 77$$

приведений коефіцієнт тепловіддачі від картоплі в повітря $(\alpha_1)''_{\text{пр.ср}} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ [Літ. 1]

коефіцієнт тепловіддачі від холодоагента до повітроохолодника $\alpha_2 = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; повітря $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; середнє значення густини плівки рідини $\rho_{\text{ін}} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$, значення коефіцієнта теплопровідності відносно середнього значення густини інею $\lambda_{\text{ін}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; коефіцієнт $k = 15$ [Літ. 2]

Розрахунок для камери з температурою кипіння аміаку $-10,5^\circ\text{C}$

$$t_{\text{ст}} = (-0,5) - \frac{15 \cdot 10}{16} = -9,7^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{-\frac{\delta}{\lambda} - \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{k}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$\delta_{\text{ін}} = 2 \text{ мм}, t_{\text{ін}} = -7^\circ\text{C}, \varphi = 90\%$$

Визначимо коефіцієнт вологовиділення

$$\xi = 1 - \frac{x - x''}{t_k - t_{\text{ін}}} \frac{r - i\omega}{c_p};$$

$$\xi = 1 + \frac{3,7 - 2,4}{(-0,5) - (-7)} \cdot 10^{-3} \frac{2828 - 2,1(-7)}{1,014} = 2.12$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі зі сторони повітря

$$(\alpha_1)_{\text{пр}}^1 = \alpha_1 \xi = 16 \cdot 2.12 = 35 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Знайдемо площу теплообміну

$$F_{\text{пов}} = \frac{\sum Q}{k(\Delta t)} = \frac{48997}{15 \cdot 10} = 327 \text{ м}^2$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{пов.мін}} = \frac{\Sigma Q - Q_2}{k(\Delta t)} = \frac{48997 - 5676}{15 \cdot 10} = 288 \text{ м}^2$$

Приймаємо 9 повітроохолодників фірми GUNTNER серія 046D\112

Розміри повітроохолодників вказані у додатку

Знайдемо значення рівноважної температури

$$t_1 = \frac{K_k F_k t_{\text{зов}} + \Sigma Q_i + (\alpha_1)_{\text{пр}}^1 F_{\text{пов}} t_{\text{ін}}}{K_k F_k + (\alpha_1)_{\text{пр}}^1 F_{\text{пов}}} = \frac{0,28 \cdot 1215 \cdot 31,6 + 43320 + 35 \cdot 288 \cdot (-7)}{0,28 \cdot 1215 + 35 \cdot 288} = -1,5^\circ \text{C}$$

Для визначення часу за який іней осідає на оребреній трубі скористаємось формулою С.Г. Чукліна:

$$\tau = \frac{r_\gamma \left[\frac{(\alpha_1)_{\text{пр}}'}{2\lambda_{\text{ін}}} \delta_{\text{ін}}^2 + \delta_{\text{ін}} \right]}{(t_1 - t_{\text{ін}}) \alpha_1 (\xi - 1)},$$

де r_γ питома, об'ємна, скрита теплота пароутворення $r_\gamma = r_\rho = 565200 \text{ кДж/м}^3$;

$$\tau = \frac{565200 \cdot 10^3 \left[\frac{35}{2 \cdot 0,23} \cdot 0,002^2 + 0,002 \right]}{[(-1,5) - (-7)] \cdot 16(2,12 - 1)} = 13000 \text{ с.}$$

Визначаємо температуру на поверхні інею

$$t_{\text{ін}} = \frac{(\alpha_1)_{\text{пр}}' t_1 + K' t_3}{(\alpha_1)_{\text{пр}}' + K'}$$

Де

$$K' = \frac{1}{\frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}}} = \frac{1}{\frac{0,002}{0,23}} = 115 \text{ Вт/(м}^2 \text{К)}$$

					<i>KP 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_3 -середня температура ребра; задаємося $t_3 = -8,5^\circ\text{C}$

$$t_{\text{ін}} = \frac{35(-1,5) + 115(-8,5)}{35 + 115} = -6,9^\circ\text{C}$$

Визначимо рівноважну відносну вологість повітря в камері

$$\varphi = \frac{100 + Z_k x_i''}{1 + \frac{Z_k x_i''}{100}}$$

$$Z_k = \frac{828 \alpha_1 F_{\text{пов}} (r - l_\omega)}{(\alpha_1)''_{\text{пр}} F_{\text{пр}} c_p (26,6 + t_1)} = \frac{828 \cdot 16 \cdot 288 (2828 - 2,1(-7))}{35 \cdot 123200 \cdot 1,01 \cdot (26,6 + (-1,5))} = 3400$$

$$\varphi = \frac{100 + (3400 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3})}{1 + \frac{3400 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{100}} = 92\%$$

Визначимо усушку продуктів

$$\Delta G_{\text{п}} = G_{\text{ін}} = \frac{(t_1 - t_3)(\xi - 1) F_{\text{пов.ох}} \rho_{\text{ін}}}{\xi r_{\gamma} \left[\frac{(\alpha_1)'_{\text{пр}}}{\alpha_1} \frac{\delta_{\text{ін}}}{\lambda_{\text{ін}}} + \frac{1}{\alpha_1} \right]}$$

$$\Delta G_{\text{п}} = \frac{((-1,5) - (-8,5)) \cdot (2,12 - 1) \cdot 288 \cdot 200}{2,12 \cdot 565200 \cdot 10^3 \left(\frac{35}{16} \cdot \frac{0,002}{0,23} + \frac{1}{16} \right)} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Усушка за місяць

$$\frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 100}{1000 \cdot 1000} = 0,65\%$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАТРАТ.

4.1. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників (для картоплі).

ПО типу (GACA RX)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.91 \cdot 3000 \cdot 2 = 5460 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 = 33.5 \cdot 275 = 5331 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 5460 + 5331 = 10791 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та фруктосховищ.</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>В.А. Новаковський</i>						
Перевір.		<i>Р.В. Грищенко</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>				<i>ТЕХТ ННІТІ НУХТ</i>		

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 3 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 10791 \cdot 3 = 32375 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 108132 \text{ грн}$$

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\text{Ц} = 6095 \cdot 3 \text{шт} = 18285\text{€} \cdot 32 = 585120 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 108132 + 585120 = 693252 \text{ грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг картоплі коштує = 5 грн(Біла Роса, Гренада)

Усушка при температурі кипіння 0°C = 0.24%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = 0.24 · 9 = 2.16% · 1000т/100 = 21.6 т

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\Sigma \text{ усуш. грн} = 21.6 \cdot 1000 \cdot 5 = 108000 \text{ грн}$$

2.Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (GHN/GHF)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.62 \cdot 3000 \cdot 3 = 5580 \text{ кВт}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 = 20.85 \cdot 275 = 3786 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 5580 + 3786 = 9520 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 3 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 9520 \cdot 3 = 28560 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 3 ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 95391 \text{ грн}$$

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\text{Ц} = 5193 \cdot 3 \text{шт} = 15579\text{€} \cdot 32 = 498528 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 95391 + 498528 = 593849 \text{ грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг картоплі коштує = 5грн

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усушка при температурі кипіння – 2 °С = 0.28%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = 0.28·9 = 2.52%·1000т/100 = 25.2 т

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\sum \text{усуш. грн} = 25.2 \cdot 1000 \cdot 5 = 126000 \text{ грн}$$

3. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (GACA RX)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.19 \cdot 3000 \cdot 3 = 5382 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 = 11.35 \cdot 275 = 3121 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\sum_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 5382 + 3121 = 8503 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 3 ПО

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum_{\text{ел.ен.по}} = 8503 \cdot 3 = 25511 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 3 ПО

$$\sum_{\text{варт.ел.ен}} = \sum_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 85207 \text{ грн}$$

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$Ц = 4385\text{€} \cdot 3\text{шт} = 13155\text{€} \cdot 32 = 420960 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\sum = 85207 + 420960 = 506167\text{грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг картоплі коштує = 5грн

Усушка при температурі кипіння – 4 °С = 0.32%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = 0.32·9 = 2.88%·1000т/100 = 28.8 т

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\sum_{\text{усуш.грн}} = 28.8 \cdot 1000 \cdot 5 = 144000\text{грн}$$

4.Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (GHN/GHF)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.43 \cdot 3000 \cdot 3 = 3870 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 = 14.6 \cdot 275 = 4015 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 3870 + 4015 = 7885 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 3 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 7885 \cdot 3 = 23655 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 3 ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 79008 \text{ грн}$$

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\text{Ц} = 3888\text{€} \cdot 3\text{шт} = 11664\text{€} \cdot 32 = 373248 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 79008 + 373248 = 451327\text{грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг картоплі коштує = 5грн

Усушка при температурі кипіння – 6 °С = 0.41%/місяць

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усушка продукту за сезон буде $= 0.41 \cdot 9 = 3.69\% \cdot 1000\text{т}/100 = 36.9 \text{ т}$

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\sum \text{усуш. грн} = 36.9 \cdot 1000 \cdot 5 = 184500 \text{грн}$$

5. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (GACA RX)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.19 \cdot 3000 \cdot 2 = 5283 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 = 7.45 \cdot 275 = 2049 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\sum_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 5283 + 2049 = 3189 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 3 ПО

$$\sum_{\text{ел.ен.по}} = 3189 \cdot 3 = 9567 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 3 ПО

$$\sum_{\text{варт.ел.ен}} = \sum_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 9567 \cdot 3,34 = 31953,78 \text{ грн}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$Ц = 2890\text{€} \cdot 3\text{шт} = 8670\text{€} \cdot 32 = 277440 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 73480 + 277440 = 350920\text{грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг картоплі коштує = 5грн

Усушка при температурі кипіння – 8 °С = 0.49%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = 0.49·9 = 4.41%·1000т/100 = 44.1 т

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\Sigma \text{ усуш. грн} = 44.1 \cdot 1000 \cdot 5 = 220500\text{грн}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників для (яблук).

ПО типу (051С\15)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.62 \cdot 3000 \cdot 1 = 1860 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 = 6.55 \cdot 275 = 2176 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 1860 + 2176 = 4036 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 8 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 4036 \cdot 8 = 32288 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 8 ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 107842 \text{ грн}$$

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Ц = 2369\text{€} \cdot 8\text{шт} = 18952\text{€} \cdot 32 = 606464 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 107842 + 606464 = 714306\text{грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг яблук коштує = 7грн (Яблуко Муцу)

Усушка при температурі кипіння $-5^{\circ}\text{C} = 0.37\%/місяць$

Усушка продукту за сезон буде $= 0.37 \cdot 9 = 3.33\% \cdot 1000\text{т}/100 = 33.3\text{т}$

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\Sigma \text{ усуш. грн} = 33.3 \cdot 1000 \cdot 7 = 233411 \text{ грн}$$

2. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (041D\28)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.19 \cdot 3000 \cdot 2 = 1140 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 \cdot n = 6.55 \cdot 275 = 2676 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\sum_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 1140 + 2676 = 3816 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 8 ПО

$$\sum_{\text{ел.ен.по}} = 3816 \cdot 8 = 30528 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 8 ПО

$$\sum_{\text{варт.ел.ен}} = \sum_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 101964 \text{ грн}$$

3,34грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\text{Ц} = 2059\text{€} \cdot 8 \text{шт} = 16472\text{€} \cdot 32 = 527104 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\sum = 101964 + 527104 = 629068 \text{ грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг яблук коштує = 7грн

Усушка при температурі кипіння – 6 °С = 0.4%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = 0.4·9 = 3.6%·1000т/100 = 36т

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\sum \text{усуш. грн} = 36 \cdot 1000 \cdot 7 = 252336 \text{ грн}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (051D\110)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.62 \cdot 3000 \cdot 1 = 1860 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 \cdot n = 7.5 \cdot 275 = 2062.5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 1860 + 1562.5 = 3422.5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 8 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 3422.5 \cdot 8 = 27380 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 8 ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3.34 = 91449 \text{ грн}$$

1 грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\text{Ц} = 1980\text{€} \cdot 8\text{шт} = 15840\text{€} \cdot 32 = 506880 \text{ грн}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 91449 + 506880 = 598329 \text{грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1 кг яблук коштує = 7 грн

Усушка при температурі кипіння – 7 °C = 0.53%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = $0.53 \cdot 9 = 4.77\% \cdot 1000\text{т}/100 = 47.7\text{т}$

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\Sigma \text{ усуш. грн} = 47.7 \cdot 1000 \cdot 7 = 334345 \text{грн}$$

4. Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (041С\28)

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.19 \cdot 3000 \cdot 2 = 1140 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 \cdot n = 6.35 \cdot 275 = 2309 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 1140 + 2309 = 3449 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 8 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 3449 \cdot 8 = 27590 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 8 ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 92151 \text{ грн}$$

1 грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\text{Ц} = 1760\text{€} \cdot 8\text{шт} = 14080\text{€} \cdot 32 = 450560 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 92151 + 450560 = 542711 \text{ грн}$$

Розрахунок затрат від усушки продукту

1кг яблук коштує = 7грн

Усушка при температурі кипіння – 8 °C = 0.55%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = 0.55 · 9 = 4.95% · 1000т/100 = 49.5т

Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\Sigma \text{ усущ. грн} = 49.5 \cdot 1000 \cdot 7 = 346,962 \text{ грн}$$

5.Розрахунок капітальних та експлуатаційних затрат від повітроохолодників.

ПО типу (046D\112)

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сезонна потужність вентиляторів

$$N_{\text{вен.сез}} = N_{\text{вен}} \cdot 3000 \cdot n = 0.43 \cdot 3000 \cdot 1 = 1380 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

n – кількість вентиляторів в одному повітроохолоднику

3000 – сезонна робота електродвигунів вентиляторів

$N_{\text{вен}}$ – потужність одного вентилятора

Сезонна потужність електровідтайки

$$N_{\text{ел.від}} = N_{\text{від}} \cdot 275 \cdot n = 6 \cdot 275 \cdot 1 = 1650 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$N_{\text{від}}$ – потужність електровідтайки

275 – сезонна кількість годин роботи електровідтайки (275 днів по одній годині на добу)

Сумарна сезонна затрата електроенергії для одного ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен}} = N_{\text{вен.сез}} + N_{\text{ел.від}} = 1380 + 1650 = 3030 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(Експлуатаційні затрати) Сумарна сезонна затрата електроенергії для 8 ПО

$$\Sigma_{\text{ел.ен.по}} = 3030 \cdot 8 = 24240 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна вартість електроенергії в гривні за 8 ПО

$$\Sigma_{\text{варт.ел.ен}} = \Sigma_{\text{ел.ен.по}} \cdot 3,34 = 80962 \text{ грн}$$

1 грн – вартість 1кВт промислової електроенергії

(Капітальні затрати) Ціна повітроохолодників

$$\Sigma = 1540\text{€} \cdot 8\text{шт} = 12320\text{€} \cdot 32 = 394240 \text{ грн}$$

Сума експлуатаційних та капітальних затрат

$$\Sigma = 80962 + 394240 = 475202\text{грн}$$

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок затрат від усушки продукту

1 кг яблук коштує = 7грн

Усушка при температурі кипіння – 10.5 °С = 0.65%/місяць

Усушка продукту за сезон буде = $0.65 \cdot 9 = 5.85\% \cdot 1000\text{т}/100 = 58.5\text{т}$

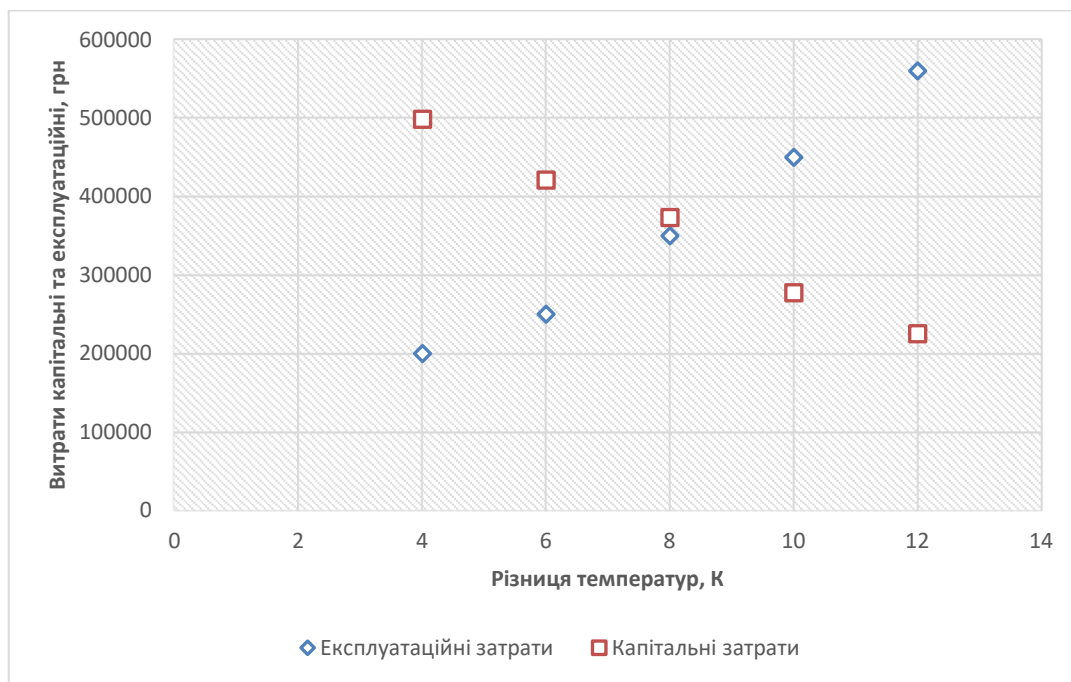
Сумарна затрата від усушки в гривні буде

$$\sum \text{усуш. грн} = 58.5 \cdot 1000 \cdot 7 = 410,046\text{грн}$$

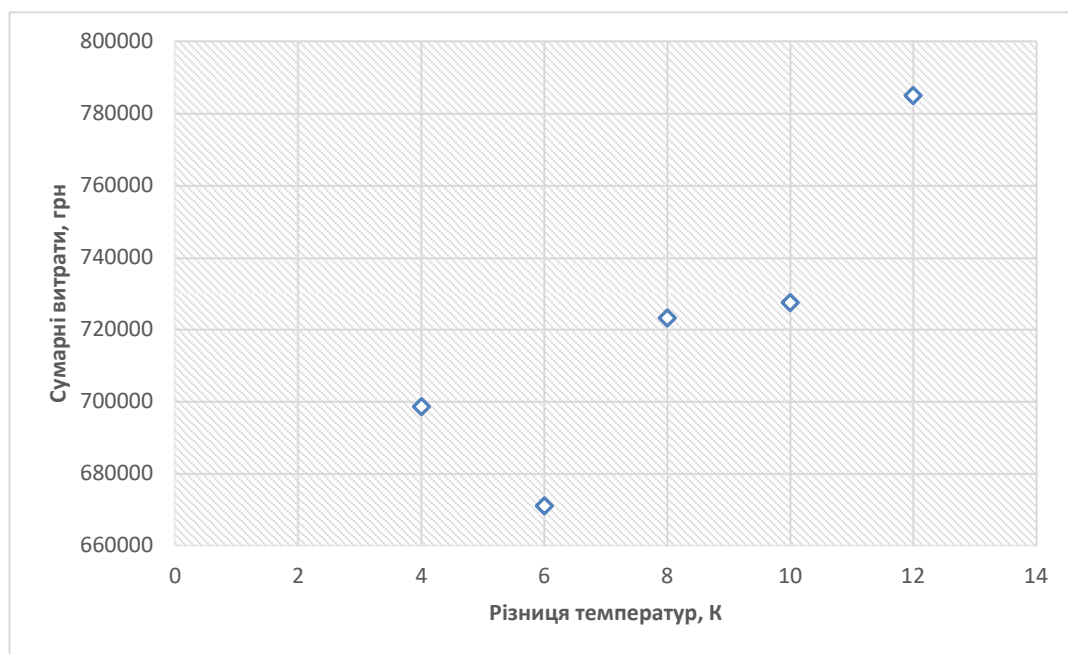
					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

5.1. Побудова графіків для картоплі

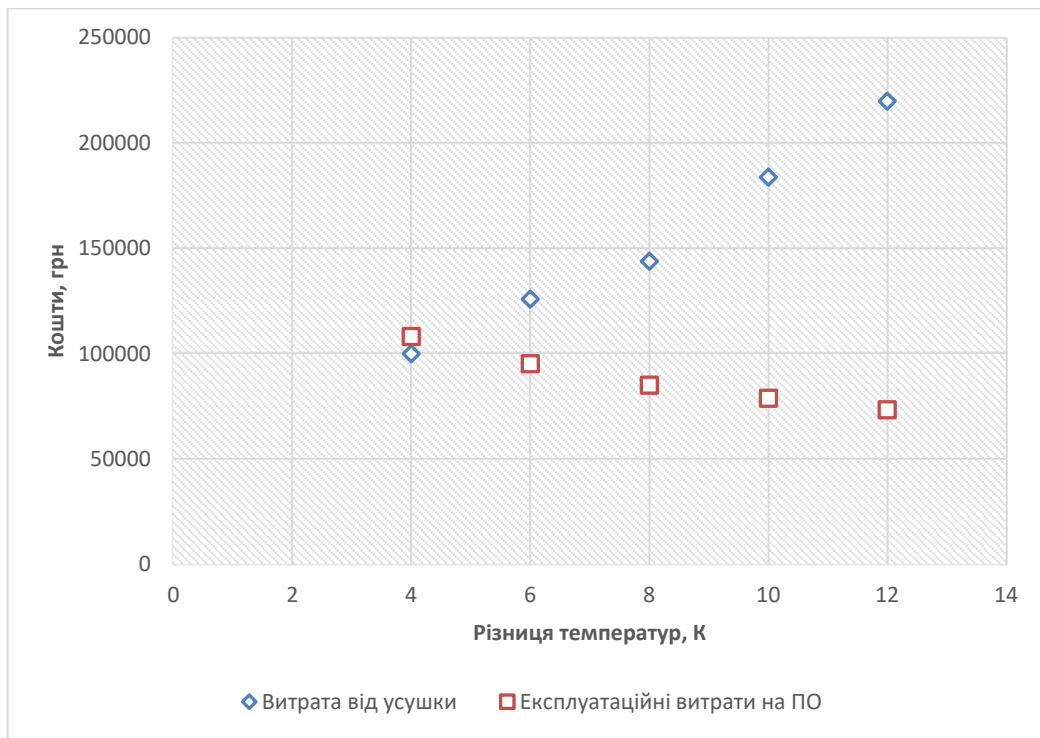


Мал. 5.1.1. Залежність капітальних і експлуатаційних витрат від різниці температур: 1-експлуатаційні затрати; 2 – капітальні затрати

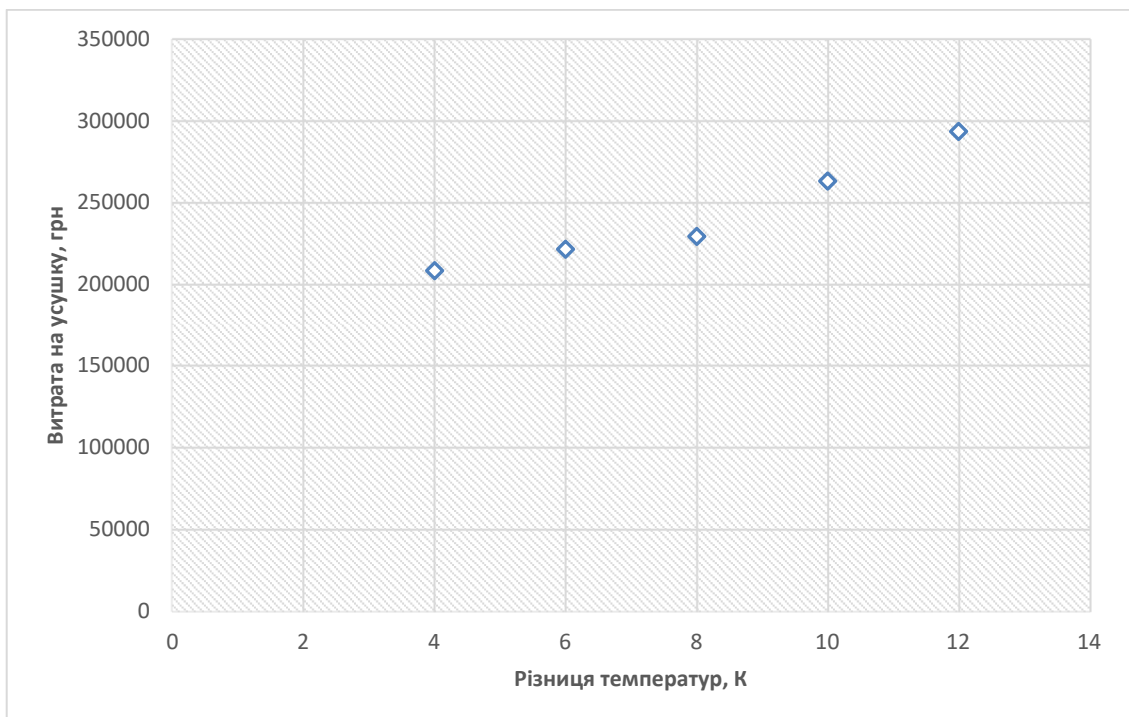


Мал. 5.1.2. Залежність сумарних затрат від різниці температур.

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Оптимізація розмірів камерного обладнання для овоче-та фруктосховищ.</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	В.А. Новаковський							
Перевір.	Р.В. Грищенко							
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.	В.П. Петренко					ТЕХТ ННІТІ НУХТ		



Мал.5.1.3. Залежність втрат коштів від усушки та експлуатаційних витрати (враховуються лише експлуатаційні витрати на теплообмінники) від різниці температурного напору: 1 – втрати від усушки; 2 – експлуатаційні витрати на теплообмінники.



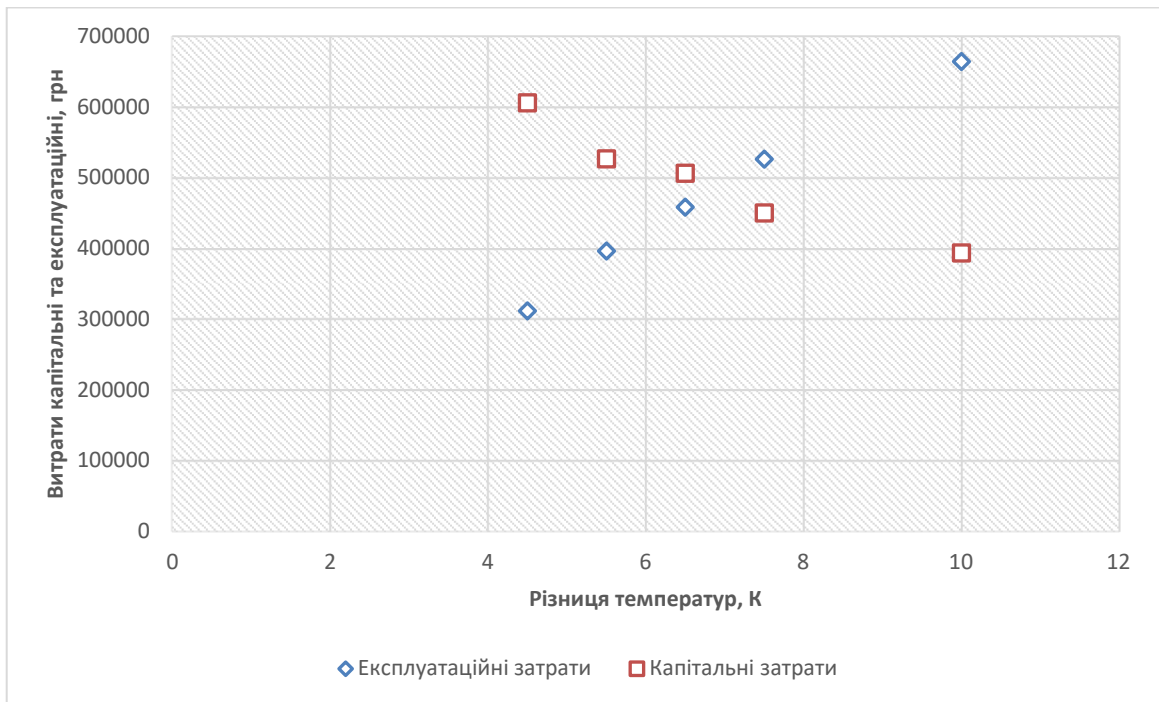
Мал.5.1.4.сумарні експлуатаційні витрати на теплообмінники та від усушки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

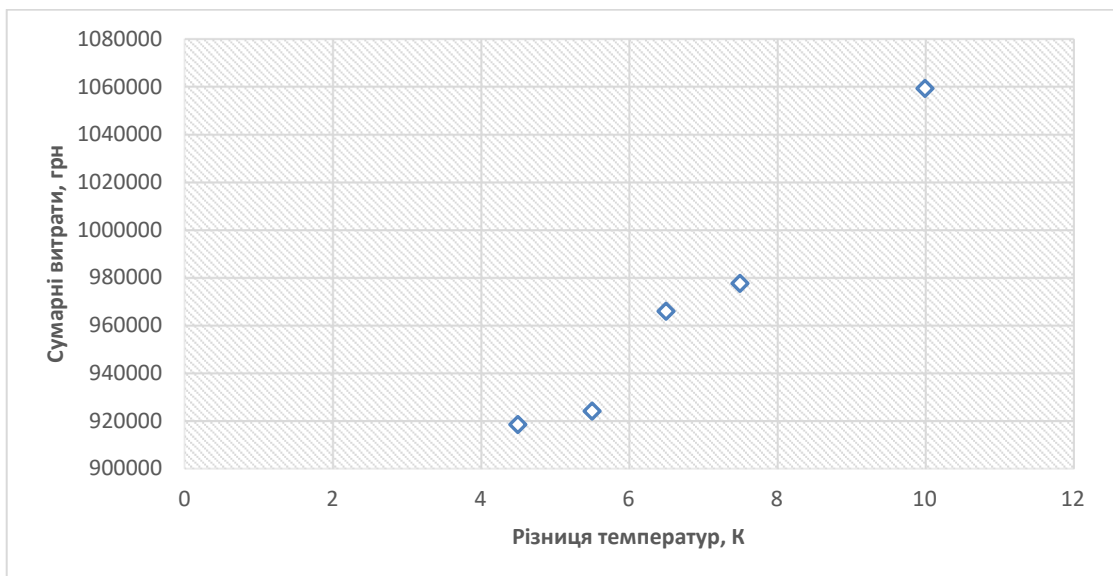
КР 000.142.011.007.2022.ПЗ

Арк.

5.2. Побудова графіків для яблук



Мал. 5.2.1. Залежність капітальних і експлуатаційних витрат від різниці температур: 1-експлуатаційні затрати; 2 – капітальні затрати

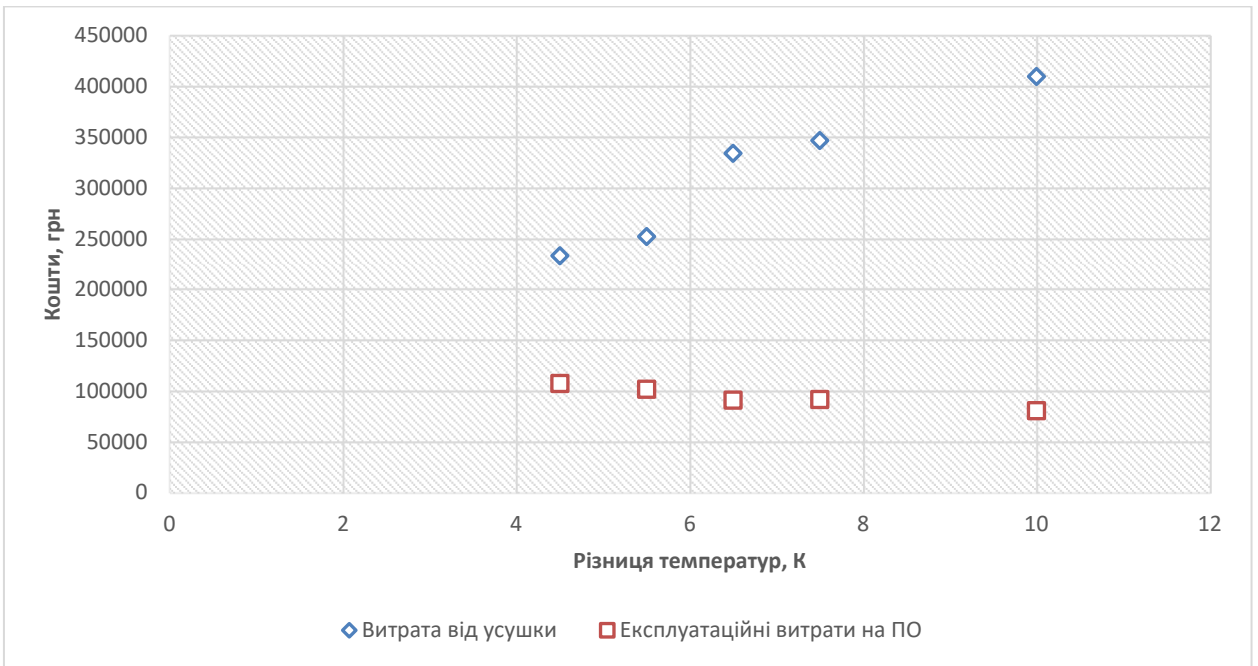


Мал. 5.2.2. Залежність сумарних затрат від різниці температур

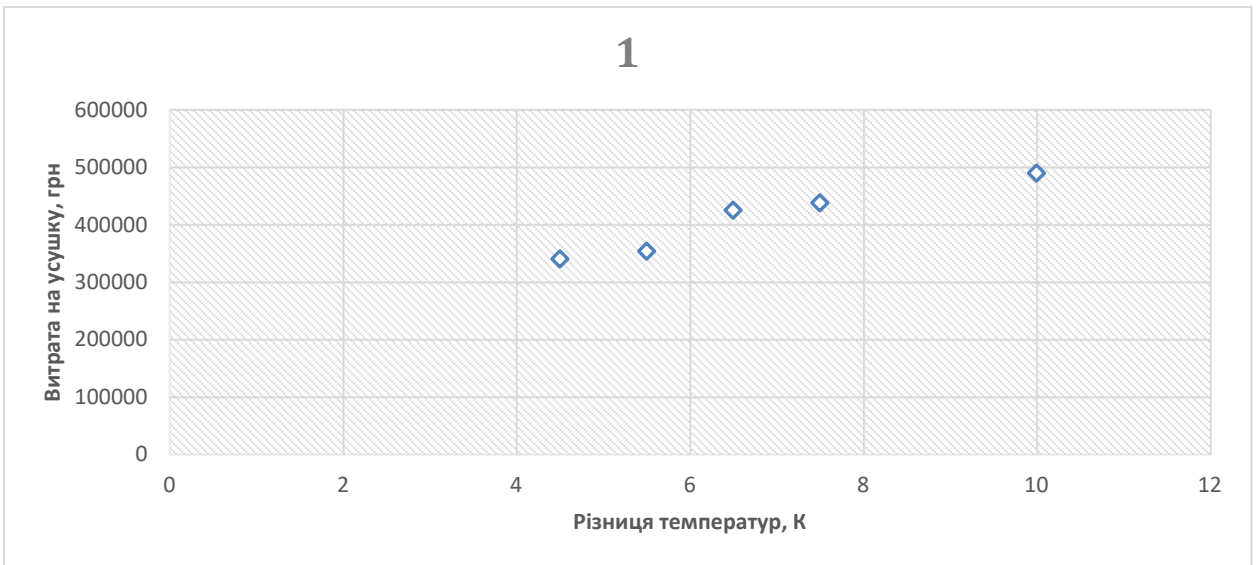
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 000.142.011.007.2022.ПЗ

Арк.



Мал.5.2.3. Залежність втрат коштів від усушки та експлуатаційних витрати (враховуються лише експлуатаційні витрати на теплообмінники) від різниці температурного напору: 1 – втрати від усушки; 2 – експлуатаційні витрати на теплообмінники.



Мал.5.2.4. сумарні експлуатаційні витрати на теплообмінники та від усушки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 000.142.011.007.2022.ПЗ

Арк.

1. В результаті розрахунків було знайдено усушку від продуктів в даному випадку картопля та яблука. Виходячі з результатів ми побудували графіки з яких видно що зі збільшенням температурного напору між температурою в камері та температурою кипіння холодоагенту усушка продукта збільшується .

2. Розрахунки показали, що із зменшенням площі поверхні теплообміну, усушка зростає, але й зменшуються капітальні та експлуатаційні витрати.

3. Також порахована економічна частина з якої видно оптимум затрат експлуатаційних та капітальних, як видно з представлених графіків, оптимум лежить в межах від 6 до 8 градусів.

					<i>КР 000.142.011.007.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування холодильників для зберігання плодоовочевої продукції [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк ; [заг. ред. М. Г. Хмельнюк] ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Херсон : Грінь Д. С. [вид.], 2015. - 160 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 157. - 300 прим. - ISBN 978-617-7243-66-2

2. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; [під заг. ред. М. Г. Хмельнюка] ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Херсон : Грінь Д. С., 2014. - 483 с. : рис. - Бібліогр.: с. 481. - 300 прим. - ISBN 978-617-7243-39-6

3. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).

4. Б.П. Якшаров, И.В. Смирнова. Справочник механика по холодильным установкам. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. 1989. – 312 с.

5. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1978. – 382 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).

6. Е.В. Мальгина, Ю.В. Мальвин. Холодильные машины и установки. – М.: “Пищевая промышленность”. 1973. – 608с.

					КР 000.142.011.007.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Obst- und Gemüse Kühler **Fruit and vegetable cooler**



Agrarkühler (GACA RX)

R404A, R507, R134a, ...

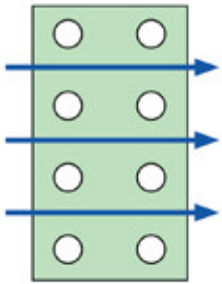
50 Hz

Obst- und Gemüse Kühler mit drückenden Ventilatoren
Large-Surface-Ausführung für Betrieb mit kleiner Temperaturdifferenz,
vorzugsweise für Anlagen mit Direktverdampfung

Fruit and vegetable cooler with blow-through fans
Large surface type for operation with small temperature difference,
preferably for systems with direct evaporation

Anwendungsvorteile für Anlagenbauer und Betreiber

Application benefits for contractors and operators



Large-Surface-Variante

- Optimal für Betrieb mit Direktverdampfung (HFKW) und kleiner Temperaturdifferenz
- Fluchtende Rohrteilung
- Große Wärmeaustauscherfläche
- Für höhere Oberflächentemperatur bei kleinem DT1 (5 – 7 K)
- Geringe Entfeuchtung

Large surface type

- Ideal for operation with direct evaporation (HFC) and small temperature difference
- Aligned tube pattern
- Large heat exchanger surface
- For higher surface temperature with small DT1 (5 – 7 K)
- Low moisture loss



Luftleitblech

- Zur Anhebung des Luftstroms
- Optimale Ausnutzung der Stapelhöhe
- Verstärkung des Coanda-Effekts

Air guiding sheet

- For lifting the airflow
- Optimum stacking height utilization
- Increased Coanda effect



Einfache Reinigung

- Durch abklappbare Wanne und abklappbares Heizblech
- Durch klappbare Seitenverkleidung (Scharniere) abnehmbar

Easy cleaning

- With hinged tray and hinged heating sheet
- With hinged side covering, removable

Nomenklatur/Nomenclature

Güntner Agrarkühler	Güntner fruit and vegetable cooler	GACA	
Kältemittel	Refrigerant	R	
Betriebsart Direktexpansion	Operating mode direct expansion	X	
Ventilator Ø 400 mm	Fan Ø 400 mm	040	
Generation	Generation	.1	
Blockgröße	Coil size	F/	
Anzahl der Ventilatoren	Number of fans	2	
Lamellenteilung 7 mm	Fin spacing 7 mm	7	
Abtauung	Defrost	- A	
Schallstufe	Noise level	N	
Spannung/Phase/Frequenz	Voltage/Phase/Frequency	230 V 1~ 50 Hz	W
Spannung/Phase/Frequenz	Voltage/Phase/Frequency	400 V 3~ 50 Hz Δ	D

Korrekturfaktoren nach Eurovent

Korrekturfaktoren (f_R)
für andere Kältemittel
nach Eurovent

Correction factors (f_R)
for other refrigerants
acc. to Eurovent

Korrekturfaktoren (f_M)
für andere Lamellenmaterialien
nach Eurovent

Correction factors (f_M)
for other fin materials
acc. to Eurovent

Correction factors acc. to Eurovent

Kältemittel/Refrigerant	f_R
R507	0.97
R134a	0.91

effektive Kälteleistung \dot{Q}_0 = nominale Kälteleistung \dot{Q}_{ON} \times Korrekturfaktor f_R
actual refrigerating capacity \dot{Q}_0 = nominal refrigerating capacity \dot{Q}_{ON} \times correction factor f_R

SC2 = Standard condition DT1 = 8 K, $t_o = -8^\circ\text{C}$

Lamellenmaterial/Fin material	f_M
Aluminium/aluminium	1
Aluminium beschichtet/coated aluminium	0.97

effektive Kälteleistung \dot{Q}_0 = nominale Kälteleistung \dot{Q}_{ON} \times Korrekturfaktor f_M
actual refrigerating capacity \dot{Q}_0 = nominal refrigerating capacity \dot{Q}_{ON} \times correction factor f_M

Güntner Product Calculator die bessere Wahl

Mit der Auslegungssoftware **Güntner Product Calculator GPC** können Sie leicht und schnell das richtige Gerät für Ihre individuelle Anwendung konfigurieren. Geben Sie einfach die erforderlichen Parameter in die komfortable Eingabemaske des GPC ein. Unter Berücksichtigung Ihrer gewählten Betriebsbedingungen und des gewählten Zubehörs wird eine thermodynamische Berechnung ausgeführt und eine Auswahl der geeigneten Geräte zur Verfügung gestellt. Die Leistungsangaben erfolgen nach EUROVENT.

The **Güntner Product Calculator GPC** design software allows you to quickly and easily design the right unit for your individual application. Simply enter the required parameters in the convenient entry screen on the GPC. A thermodynamic calculation is performed and a selection of the suitable units is provided while considering your selected operating conditions and selected accessories. All performance data according to EUROVENT.

Güntner Product Calculator the perfect choice

Kältemittel Refrigerant


Luftdruck Barometric pressure

ErP-Konformität ErP conformity

Epoxidharz-beschichtete Lamellen Epoxy resin coated fins

GACA RX 50 Hz Leistungstabellen

GACA RX 50 Hz Capacity tables

Anzahl der Ventilatoren Number of fans	Typ Type	 Nennleistung Nominal capacity R404A SC2 DT1 = 8 K t _o = -8 °C	Fläche Surface	Luftvolumenstrom Air volume flow	Wurfweite Air throw	aufgenommene el. Leistung power consumption P _{total}	Schalldruck Sound pressure	Schalldruckleistung Sound power level	Anschlüsse Kältemittel Connections Refrigerant		Energieeffizienzklasse Energy efficiency class	El. Abtauheizung* El. defrost*			Nachheizregister* Heating straps at air outlet*			
									Ein Inlet	Aus Outlet		Block Coil	Tropfwanne Drip tray	Gesamt Total	Anschlussschema Connection diagram	Gesamt Total	Anschlussschema Connection diagram	Anschlussschema Ventilator Connection diagram fan
		kW	m ²	m ³ /h	m	kW	dB(A)3m	dB(A)	mm Ø	mm Ø		kW	kW	kW	◆	kW	◆	◆
1	040.1F/17-ANW	4,6	28,8	3560	17	0,32	74,0	52,2	15	15	B	1,62	0,70	2,32	B	0,94	A	E1
	045.1F/17-AND	7,4	45,3	4940	19	0,39	78,0	56,0	16	22	C	2,58	1,20	3,78	B	1,08	A	G
	050.1F/17-AND	10,5	59,4	7560	25	0,78	83,0	60,9	16	28	B	3,00	1,30	4,30	B	1,80	A	G
2	040.1F/27-ANW	9,4	57,7	7120	19	0,65	77,0	54,9	16	22	C	3,75	1,20	4,95	B	2,00	A	E1
	045.1F/27-AND	14,9	90,6	9880	21	0,78	81,0	58,7	16	28	C	4,50	2,30	6,80	B	2,50	A	G
	050.1F/27-AND	21,2	118,7	15120	28	1,56	86,0	63,5	16	35	C	7,00	2,40	9,40	B	4,50	C	G
3	040.1F/37-ANW	14,2	86,5	10680	19	0,95	78,8	56,5	16	28	C	4,80	1,80	6,60	B	4,00	A	E1
	045.1F/37-AND	22,4	135,8	14820	22	1,16	82,8	60,2	16	35	C	6,90	3,00	9,90	B	4,00	A	G
	050.1F/37-AND	31,2	178,1	22680	29	2,33	87,8	65,0	22	42	C	9,60	3,20	12,80	B	8,70	A	G
4	040.1F/47-ANW	20,3	115,3	14240	20	1,27	80,0	57,4	16	35	B	6,90	2,20	9,10	B	4,00	A	E1
	045.1F/47-AND	29,8	181,1	19760	23	1,55	84,0	61,1	22	42	B	9,30	3,60	12,90	C	5,20	B	G
	050.1F/47-AND	41,8	237,4	30240	30	3,11	89,0	65,9	22	42	C	14,00	3,60	17,60	B	9,60	C	G
5	040.1F/57-ANW	25,2	144,2	17800	20	1,59	81,0	58,2	16	35	C	9,00	3,00	12,00	B	4,80	A	E1
	045.1F/57-AND	37,0	226,4	24700	23	1,94	85,0	61,8	22	42	C	12,00	4,20	16,20	B	7,00	A	G
	050.1F/57-AND	53,4	296,8	37800	30	3,89	90,0	66,6	22	54	C	16,64	5,80	22,44	B	12,00	B	G
6	040.1F/67-ANW	28,7	173,0	21360	20	1,91	81,8	58,8	16	35	B	10,80	3,60	14,40	B	6,40	C	E1
	045.1F/67-AND	45,0	271,7	29640	23	2,33	85,8	62,4	22	54	C	14,40	5,40	19,80	C	9,00	B	G
	050.1F/67-AND	62,6	356,1	45360	30	4,67	90,8	67,1	28	54	B	19,84	7,20	27,04	C	16,20	C	G

◆ siehe Seite 8
◆ see page 8

* Option

➤ Die Wurfweitenangabe stellt die Entfernung vom Gerät dar, bei der isotherm in einem idealen Raum noch eine Luftgeschwindigkeit von 0,5 m/s messbar ist. Die Eindringtiefe des Luftstroms in den Kühlraum ist von den örtlichen Gegebenheiten (Raumgeometrie, Einbauten, Luftabkühlung, Platzierung und Bereifung der Geräte, Beladung des Kühlraums) abhängig.

➤ The indicated air throw represents the distance from the unit to a point where an air velocity of 0.5 m/s can still be measured isothermally in an ideal space. The penetration depth of the air flow in the cold room depends on the surrounding conditions (spatial geometry, installed equipment, air cooling, positioning of units and frost formation, load in cold room).

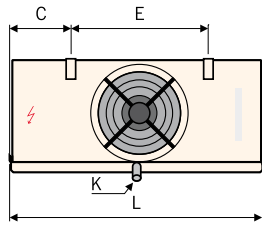
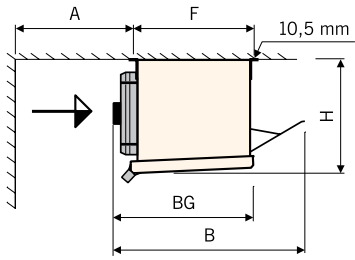
GACA RX 50 Hz Gewicht und Maße

GACA RX 50 Hz Weights and Measures

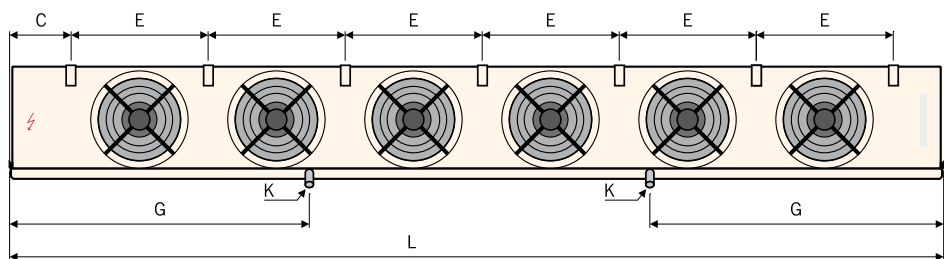
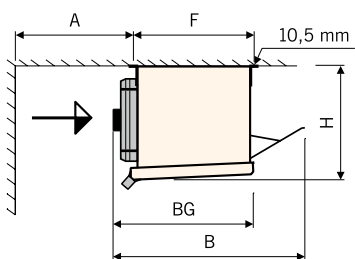
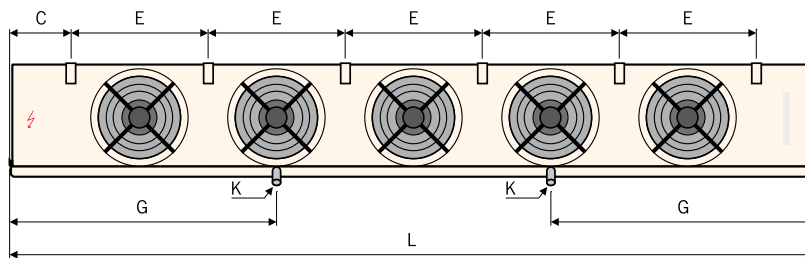
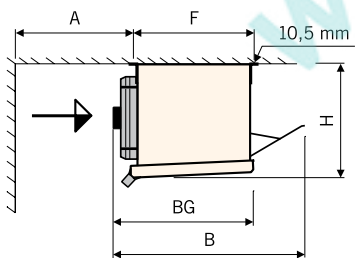
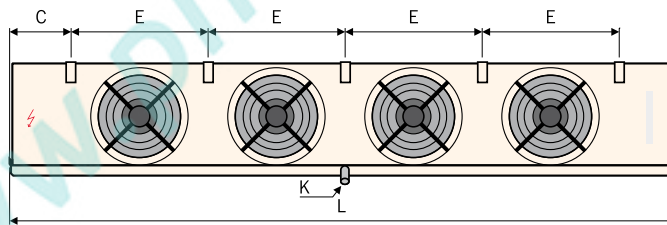
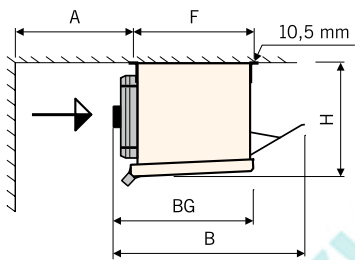
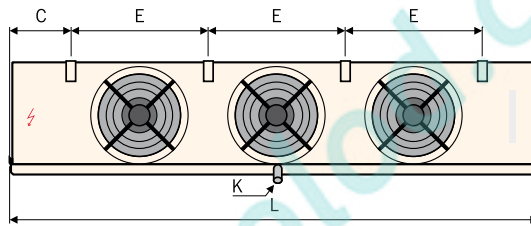
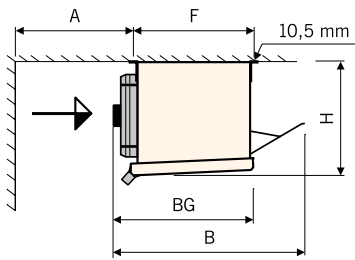
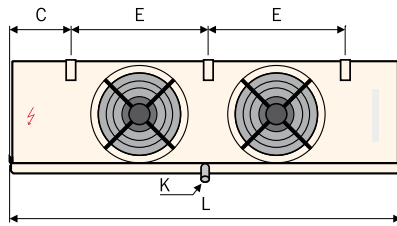
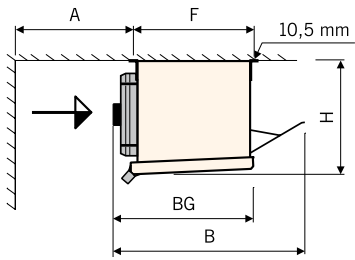
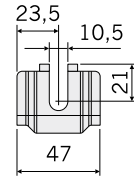
Anzahl der Ventilatoren Number of fans	Typ Type	Rohrvolumen Tube volume	Nettogewicht Net weight	Abmessungen Dimensions									
				H	B	BG	C	E	F	A	L	G	K
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	040.1F/17-ANW	8,1	72,8	562	944	696	304	680	589	500	1260	–	G1¼
	045.1F/17-AND	12,4	97,3	662	976	726	304	890	589	550	1470	–	G1¼
	050.1F/17-AND	16,2	120,4	762	980	713	304	1000	664	600	1580	–	G1¼
2	040.1F/27-ANW	15,0	118,3	562	944	696	304	680	589	500	1940	–	G1¼
	045.1F/27-AND	23,2	162,8	662	976	726	304	890	589	550	2360	–	G1¼
	050.1F/27-AND	30,4	211,8	762	980	713	304	1000	664	600	2580	–	G1¼
3	040.1F/37-ANW	21,9	167,3	562	944	696	304	680	589	500	2620	–	G1¼
	045.1F/37-AND	34,1	232,6	662	976	726	304	890	589	550	3250	–	G1¼
	050.1F/37-AND	44,9	299,4	762	980	713	304	1000	664	600	3580	–	G1¼
4	040.1F/47-ANW	28,9	212,8	562	944	696	304	680	589	500	3300	–	G1¼
	045.1F/47-AND	45,1	298	662	976	726	304	890	589	550	4140	–	G1¼
	050.1F/47-AND	56,0	390,7	762	980	713	304	1000	664	600	4580	–	G1¼
5	040.1F/57-ANW	35,7	258,3	562	944	696	304	680	589	500	3980	1337	G1¼
	045.1F/57-AND	55,6	367,6	662	976	726	304	890	589	550	5030	1525	G1¼
	050.1F/57-AND	73,3	478,1	762	980	713	304	1000	664	600	5580	1790	G1¼
6	040.1F/67-ANW	42,4	306,7	562	944	696	304	680	589	500	4660	1571	G1¼
	045.1F/67-AND	66,8	432,9	662	976	726	304	890	589	550	5920	1720	G1¼
	050.1F/67-AND	87,3	569,2	762	980	713	304	1000	664	600	6580	2140	G1¼

GACA RX 50 Hz
Maßskizzen

GACA RX 50 Hz
Dimensional sketches



Deckenaufhänger
Ceiling hangers



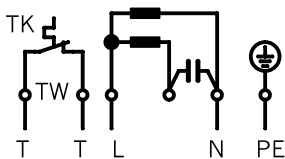
GACA RX Daten je Ventilator

GACA RX Data per fan

	Typ Type	Anzahl der Ventilatoren Number of fans	Motordaten je Ventilator (Nennwerte, Typenschildangaben) Motor data per fan (rated values, nameplate data)			
			Drehzahl Speed	Spannung / Frequenz / Anzahl Phase Voltage / Frequency / Number of phases	el. Leistungsaufnahme el. power consumption	Stromstärke Electric current
			min ⁻¹		kW	A
50 Hz	040.1F/17-ANW	1	1370	220V/50 Hz/1 ~	0,32	1,4
	040.1F/27-ANW	2	1370	220V/50 Hz/1 ~	0,32	1,4
	040.1F/37-ANW	3	1370	220V/50 Hz/1 ~	0,32	1,4
	040.1F/47-ANW	4	1370	220V/50 Hz/1 ~	0,32	1,4
	040.1F/57-ANW	5	1370	220V/50 Hz/1 ~	0,32	1,4
	040.1F/67-ANW	6	1370	220V/50 Hz/1 ~	0,32	1,4
	045.1F/17-AND	1	1360	400V/50 Hz/3 ~	0,45	0,8
	045.1F/27-AND	2	1360	400V/50 Hz/3 ~	0,45	0,8
	045.1F/37-AND	3	1360	400V/50 Hz/3 ~	0,45	0,8
	045.1F/47-AND	4	1360	400V/50 Hz/3 ~	0,45	0,8
	045.1F/57-AND	5	1360	400V/50 Hz/3 ~	0,45	0,8
	045.1F/67-AND	6	1360	400V/50 Hz/3 ~	0,45	0,8
	050.1F/17-AND	1	1340	400V/50 Hz/3 ~	0,75	1,5
	050.1F/27-AND	2	1340	400V/50 Hz/3 ~	0,75	1,5
	050.1F/37-AND	3	1340	400V/50 Hz/3 ~	0,75	1,5
	050.1F/47-AND	4	1340	400V/50 Hz/3 ~	0,75	1,5
	050.1F/57-AND	5	1340	400V/50 Hz/3 ~	0,75	1,5
	050.1F/67-AND	6	1340	400V/50 Hz/3 ~	0,75	1,5

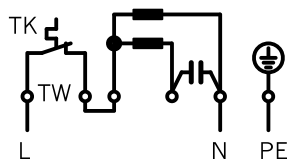
Elektrischer Anschluss Ventilator (*Werkseitige Verkabelung optional)
Connection electrical fan (*optional: wiring ex works)

Anschluss Typ E1
Connection type E1



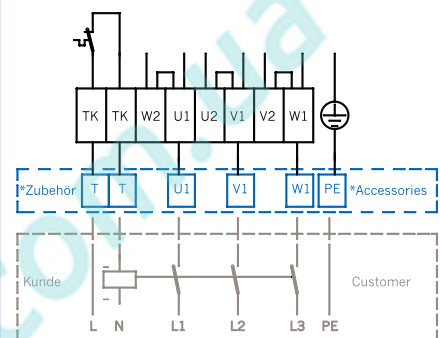
Netz/Line 230 V 1~ 50 Hz
Thermokontakt extern
external thermal contact

Anschluss Typ E1
Connection type E1



Netz/Line 230 V 1~ 50 Hz
Thermokontakt intern
internal thermal contact

Anschluss Typ G
Connection type G

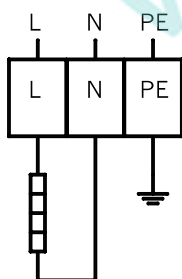


Netz/Line 400 V 3~ 50 Hz Δ
Thermokontakt extern
external thermal contact

TK, TW, TB = Motorschutz, Thermokontakt
TK, TW, TB = motor protection, thermal contact

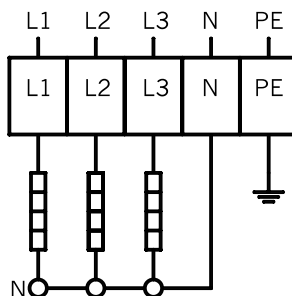
Abtauheizung*/Nachheizregister* – Zuleitung max. Sicherung 25 A
Defrost heating*/Heating straps at air outlet – Mains lead max. fuse 25 A

Anschluss Typ A
Connection type A



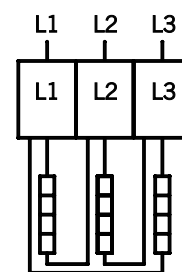
Netz/Line 230 V 1~ N

Anschluss Typ B
Connection type B



Netz/Line 400 V 3~ N

Anschluss Typ C
Connection type C



Netz/Line 400 V 3~

* Option

Block Coil	<p>Rohrteilung 50 × 50 mm fluchtend Lamellen aus Aluminium, Lamellen- teilung 7 mm Kupferrohre Ø 15 mm, Wandstärke 0,5 mm End- und Mittelbleche Aluminium-Magnesium- Legierung Schrader-Ventil am Austritt max. Betriebsdruck 32 bar</p>	<p>Tube pattern 50 × 50 mm aligned Fins made of aluminium, fin spacing 7 mm Copper tubes Ø 15 mm, wallthickness 0.5 mm End and intermediate sheets made of aluminium-magnesium alloy Schrader valve at outlet max. operating pressure 32 bar</p>
Gehäuse Casing	<p>Gehäuse aus verzinktem Stahlblech Pulverbeschichtet, RAL 9003 (Signalweiß) aufklappbare Seitenverkleidung mit Scharnieren; Luftleitblech</p>	<p>Casing made of galvanised sheet steel powder-coated, RAL 9003 (Signal white) fold-out side cover with hinges; air guiding sheet</p>
Tropfwanne Drip tray	<p>Aluminium-Magnesium-Legierung, pulverbeschichtet RAL 9003 (Signalweiß) Abklappbar und thermisch entkoppelt (keine Kondenswasserbildung)</p>	<p>Aluminium-magnesium alloy, powder-coated, RAL 9003 (signal white) Hinged and thermally decoupled (condensa- tion free)</p>
Ventilatoren Fans	<p>Schalleistung der Ventilatoren gemäß DIN 24166, Genauigkeitsklasse 2. Serienmäßig mit zwei Drehzahlen (ab Ventilator-Durchmesser 450 mm); Werkseitig auf Klemmdose verdrahtet; Motorschutz durch Thermokontakte; Bis Baugröße GACA 040...: Motoren 230 V 1~ 50 Hz Ab Baugröße GACA 045...: Motoren 400 V 3~ 50 Hz Schutzart mind. IP 44 nach DIN 40050</p> <p>Wir behalten uns vor, verschiedene Ventilator- fabrikate einzusetzen. Je nach Ventilatorfabrikat können die Motordaten geringfügig abweichen. Die entsprechenden elektrischen Daten müssen dem Typenschild entnommen werden, elektrische Leistungsangaben gemäß EN 328. Die Stromaufnahme erhöht sich mit tiefer Umgebungstemperatur und höheren Gegen- drücken. Der Motorschutz muss über die eingebauten Thermokontakte (Öffner) erfolgen.</p>	<p>Sound power of the fans in accordance with DIN 24166, accuracy class 2. Standard with two speeds (from fan diameter 450 mm); Factory-wired on connection socket; Motor protection with thermocontacts; Up to size GACA 040...: motors 230 V 1~ 50 Hz from size GACA 045...: motors 400 V 3~ 50 Hz Protection class min. IP 44 acc. to DIN 40050</p> <p>We reserve the right to use fans of different manufacturers. Depending on the fan type, the motor data may slightly vary. For the corresponding electrical data, please refer to the nameplate, electrical capacity specifica- tions acc. to EN 328. At low ambient temperatures and different air resistance the power consumption will increase. The built-in thermal contacts (thermistors) must be used as motor protection.</p>

Schallangaben Sound specifications

Die angegebenen Schalldruckpegel wurden gemäß Eurovent-Vereinbarung nach dem Hüllflächenverfahren (EN13487; Anhang C) für eine Entfernung von 3 Metern berechnet. Da in Kühlräumen vielfache Reflexionen auftreten, können höhere Schalldruckpegel entstehen.

The indicated sound pressure levels were calculated in accordance with the standard procedure for measuring the sound pressure levels (EN13487; Annex C) at a distance of 3 meters, as stipulated by Eurovent. As there are multiple reflections in cold rooms, higher sound pressure levels may occur.

Leistungsangaben Capacity



Die Leistungsangaben gelten für R404A. Die Kühlerleistungen beziehen sich dabei auf eine Lufteintrittstemperaturdifferenz, die sich aus der Differenz zwischen Lufteintrittstemperatur am Kühler t_{L1} und Verdampfungstemperatur t_o , $DT1 = t_{L1} - t_o$ ergibt. Diese Bedingungen sind mit DT1 gekennzeichnet und entsprechen den Vorgaben der EN 328 und der Eurovent-Zertifizierung.

The capacity specifications are valid for R404A. The refrigerating capacities refer to an air inlet temperature difference resulting from the difference between air inlet temperature at the cooler t_{L1} and evaporating temperature t_o , $DT1 = t_{L1} - t_o$. These conditions are marked with DT1 and comply with EN 328 regulations and the Eurovent certification.

Mit unserer Auslegungssoftware Güntner Product Calculator erhalten Sie eine thermodynamische Auslegung mit Leistungsangaben nach EUROVENT.

We recommend that you use our software package Güntner Product Calculator for a thermodynamic design with the performance data according to EUROVENT.

Optionen Options

- Leichte Elektroabtauung
- Heißgasabtauung für Block
- Heißgasabtauung für Wanne
- Verrohrung der Heißgasabtauung
- Elektrischer Heizbügel am Luftaustritt zum Entfeuchten und Heizen (bauseits zu montieren und verdrahten)
- Verdrahtete Ventilatoren
- Gehäuse aus Edelstahl
- Epoxidharz-beschichtete Lamellen
- Doppelte Wanne 20 mm, isoliert
- Ausblashaube

- Light electrical defrost
- Hot gas defrost for coil
- Hot gas defrost for tray
- Tubing for hot gas defrost
- Heating element at air outlet for dehumidification and heating (to be installed and wired by customer)
- Fans wired ex factory
- Casing made of stainless steel
- Epoxy-resin coated fins
- Double tray 20 mm, insulated
- Air discharge hood

ErP-Richtlinie ErP Directive



Seit dem 01.01.2013 ist die erste Stufe der ErP-Richtlinie, die verbindliche Mindestwirkungsgrade für Ventilatoren vorschreibt, gültig. Zu den betroffenen Produkten gehören Produkte mit eingebauten Ventilatoren, wenn ihre elektrische Eingangsleistung im Bestpunkt über 125 W liegt. Bei der Auslegung von Geräten im Güntner Product Calculator (GPC) wird die Konformität mit der ErP-Richtlinie ausdrücklich angezeigt.

The first stage of the ErP Directive requiring mandatory minimum efficiency levels for fans came into effect on 01.01.2013. The products affected include products with built-in fans whose input power at best operating point is higher than 125 W. Güntner's configuration software, the Güntner Product Calculator (GPC), explicitly indicates that our products comply with the ErP Directive.

www.pholod.com.ua

www.pholod.com.ua

Güntner AG & Co. KG
Hans-Güntner-Straße 2 – 6
82256 FÜRSTENFELDBRUCK
GERMANY

Telefon +49 8141 242-0
Telefax +49 8141 242-155
E-Mail info@guentner.de
Internet www.guentner.de

Technische Änderungen vorbehalten.
Vorangegangene Prospekte verlieren ihre Gültigkeit.
Beachten Sie bitte unsere AGB, eine Kopie erhalten
Sie auf Anfrage.
Subject to technical amendments without prior notice!
Supersedes previously published data.
Apply our general terms and conditions of sale,
a copy of which is available on request.