

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

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

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Енергомашинобудування

на тему: \_\_\_\_\_ Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю  
750000 дал/рік у м. Фастів

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-12ск

Солодкий Ілля Юрійович  
\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові повністю) \_\_\_\_\_ (підпис)

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

Консультанти \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ - 2020р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Енергомашинобудування

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 08 ” квітня 2020 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Солодкий Ілля Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів

керівник роботи доцент Іващенко Наталія Вікторівна,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 08 ” 04 2020 року №260-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2020р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Холодоагент R404A

Тип продукту пиво Світле, Живе, Темне

Ізоляційний матеріал ПСБ-С

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. \_\_\_\_\_

2). Розрахунок холодильної частини проекту \_\_\_\_\_

3). Техніко економічні показники \_\_\_\_\_

4). Охорона праці \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника \_\_\_\_\_

2. Схема холодильної установки \_\_\_\_\_



## Анотація

Виконано дипломний проект на тему «Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів». Проаналізовано ефективність підприємства, використання підприємством електроенергії та затрат на будівництво даного проекту, розраховано собівартість одиниці холоду. Приведені технічні креслення і розрахунки щодо встановлюваного обладнання. Всі технічні рішення, які застосовуються, мають економічне обґрунтування.

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

Список літератури 12 примірників.

**Ключові слова:** холодильна установка, пивзавод, R404a, проміжний теплоносій.

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

# ЗМІСТ

*Стор.*

## Вступ

1. Технологія виробництва \_\_\_\_\_
  2. Розрахунок технологічного обладнання \_\_\_\_\_
  3. Визначення розмірів та планування камер холодильника \_\_\_\_\_
  4. Розрахунок ізоляційних конструкцій \_\_\_\_\_
  5. Розрахунок теплонадходжень \_\_\_\_\_
  6. Вибір розрахункового режиму та підбір компресорів \_\_\_\_\_
  7. Розрахунок та підбір теплообмінного обладнання \_\_\_\_\_
  8. Розрахунок допоміжного обладнання \_\_\_\_\_
  9. Визначення діаметрів трубопроводів \_\_\_\_\_
  10. Підбір насосного обладнання \_\_\_\_\_
  11. Техніко-економічні показники \_\_\_\_\_
  12. Охорона праці \_\_\_\_\_
- Список використаної літератури \_\_\_\_\_

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						

# 1. Технологія виробництва.

Пиво - це слабоалкогольний напій, виготовлений із зернової сировини і хмелю шляхом бродіння спеціальних видів пивних дріжджів. Основними інгредієнтами для приготування пива є вода, солод, хміль і пивні дріжджі.



					00.БКР.142.004.020.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Солодкий І.Ю.			Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		Іващенко Н.В.						
Реценз.						НУХТ, ХМ-4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Василенко С.М.						

## **Виробництво солоду**

Першим етапом в приготуванні пива є виробництво солоду. Солод являє собою зерна злаків, пророщених в штучних умовах за певної температури та вологості. Для виготовлення світлого пива використовують світлий солод, виготовлений з ячменю. На цьому етапі (етапі солодження) відбирається ячмінь. Він замочується, пророщується і сушиться, в результаті чого утворюється солод.

### **Затирання**

Затирання включає три стадії: змішування подрібнених зерно-продуктів з водою, нагрівання і витримання отриманої суміші при заданому температурному режимі. При цьому кількість подрібнених зерно-продуктів, як і одночасно обробляються, називається засипом, об'єм води, яка використовується - наливом, а отриманий продукт - затором.

### **Фільтрація**

На наступному етапі пиво проходить фільтрацію, завдяки якій досягається його прозорість і стійкість. Залишки зернопродуктів, які відділилися, називаються пивною дробиною, яка використовується як корм для худоби. А сусло, яке стало прозорим, надходить в сушварочний апарат.

### **Кип'ятіння з хмелем**

У сушварочному апараті сусло кип'ятять з хмелем при цьому з нього повністю вивільняється повітря. Самех міль надає пиву аромат і приємну гіркоту. Гіркі ароматичні речовини хмелю екстрагуються. Цей процес називається охмелінням сусла. Під час варіння сусло стерилізується і доводиться до бажаної густини.

### **Освітлення**

В пиві містяться мікроскопічні частинки у вигляді дріжджових клітин, білково-дубильних сполук, білкових речовин та хмелевих смол, що обумовлюють його замутніння. Далі сусло передається на освітлення, яке відбувається в спеціальному апараті - вірпулі.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

# Охолодження

## ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДУ НА ПИВЗАВОДІ



Рис 1.1 споживачі холоду на пивзаводі

Охолодження льодяної води з 14 до 2° С, для охолодження сусла з 95°С до 6°С в пластинчастому теплообміннику, передбачає подальше використання нагрітої льодяної води до температури 85°С. Цю воду догрівають в нагрівниках і знову використовують у варці нової порції пива. Початкова температура льодяної води дана розробниками свердловини, з якої береться вода для виготовлення пива. Щоб довести сусло до початкової температури бродіння проводиться його охолодження. Для низового

бродіння — до + 6 — +10 С, для верхового — до +15 — +22С. Після охолодження отримуємо початкове сусло — сусло, яке пізніше надходить на бродіння.

### **Бродіння та дозрівання**

В охоложене сусло добавляють дріжджі і подають в танки для бродіння. В танках підтримується необхідна температура. Сахариди переброджуються дріжджами і перетворюються на алкоголь, CO<sub>2</sub> та побічні продукти бродіння. Пиво, яке пройшло етап бродіння, називають "молодим".

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

Воно переходить в наступну стадію - доброжування за рахунок зміни температурного режиму і тиску. Для цього виконують глибоке охолодження суслу (0 +1°C) та відкачують з нижньої частини конусу дріжджі. Для остаточного дозрівання "молоде пиво" витримують за певної температури, воно насичується вуглекислим газом, відбувається повільне доброжування залишків екстракту, освітлення. Під час доброжування формується остаточний смак і аромат пива.

### **Фільтрація**

При доброжуванні і дозріванні пиво освітлюється недостатньо. Тому воно піддається освітленню фільтруванням за допомогою спеціальних кізельгурових фільтрів, які складаються з кремнієвих панцирів одноклітинних водорослів. Тільки тоді, як пиво стало прозорим, його відправляють на розлив. Відфільтроване пиво зберігається під тиском в форфасах, звідки подається на лінії розливу і розливається в пляшки, банки, кеги.

### **Розлив пива**

За сучасними стандартами пивоваріння, пиво не повинно контактувати з повітрям під час його виготовлення і розливу, оскільки кисень згубно діє на смак хмільного напою. Тому, при розливі пива в пляшки і кеги, їх попередньо заповнюють вуглекислим газом. Напій заливається поступово, витісняючи вуглекислий газ.

### **Зберігання**

Зберігається пиво в спеціальних охолоджуваних складах готової продукції щоб запобігти його псуванню до реалізації. Потім місткості з розфасованим пивом (пляшки, кеги і т.п.) відвантажуються з експедиції в пакетованому вигляді за допомогою електронавантажувачів.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Основними завданнями при проектуванні вважаються:

Вибір схеми технічного процесу та визначення теплового навантаження; визначення основних розмірів приміщень та його планування; вибір та обґрунтування системи охолодження; вибір найкращого для даних умов холодильного агенту та холодоносіїв; вибір сучасного холодильного обладнання.

При вирішенні цих задач в дипломному проектуванні керуються науковими положеннями по зменшенню витрат електроенергії на виробітку штучного холоду, зменшення витрат води, забезпечення високої якості продукції.

Головною задачею інженерних проваджень є комплексне вивчення місцевих умов та отримання необхідних вихідних даних для технічного обґрунтування та економічної доцільності вирішення питань проектування та будівництва.

В даному дипломному проекті розраховано та спроектовано холодильну установку пивзаводу в м. Фастів.

Основні технічні рішення обрано за необхідності забезпечення енергоощадності при виробленні холоду та екологічній безпеці. В якості холодильного агенту запропоновано використати фреон як найбільш підходящий холодоагент для установок малої потужності.

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

## 2. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### Розрахунок продуктивності різних сортів пива

В році 250 робочих днів, але оскільки пиво специфічний продукт і в наш час з сучасним автоматизованим обладнанням воно може виготовлятися і на вихідних з мінімальною кількістю робочого персоналу. Тому час роботи заводу збільшується до 340 діб (24 доби на планові ремонти та огляди ЦКТ). Виходячи з вище сказаного добова продуктивність пива повинна становити

$$G_{p/d} = \frac{\text{продуктивність заводу за рік}}{\text{кількість робочих діб}} = \frac{7500}{340} = 22,05 \approx 22 \text{ м}^3/\text{добу}$$

На нашому пивзаводі пиво виготовляється в таких пропорціях:

1. *Світле* – 60% тобто  $V_{\text{св}} = G_{p/d} * 0,6 = 22 * 0,6 = 13,2 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$ . За технологією світле пиво витримується в ЦКТ протягом  $T_{\text{св}}=20$  діб, отже потрібна ємність цкт  $V_{\text{ЦКТ св}} = V_{\text{св}} * T_{\text{св}} = 13,2 * 20 = 264 \text{ м}^3$
2. *Живе* -- 30% тобто  $V_{\text{жв}} = G_{p/d} * 0,3 = 22 * 0,3 = 6,6 \text{ м}^3/\text{добу}$   
За технологією живе пиво витримується в ЦКТ протягом  $T_{\text{жв}}=13$  діб, отже потрібна ємність цкт  $V_{\text{ЦКТ жв}} = V_{\text{жв}} * T_{\text{жв}} = 6,6 * 13 = 85,8 \approx 86 \text{ м}^3$
3. *Темне* -- 10% тобто  $V_{\text{т}} = G_{p/d} * 0,1 = 22 * 0,1 = 2,2 \text{ м}^3/\text{добу}$  За технологією темне пиво витримується в ЦКТ протягом  $T_{\text{т}}=30$  діб, отже потрібна ємність ЦКТ  $V_{\text{ЦКТ т}} = V_{\text{т}} * T_{\text{т}} = 2,2 * 30 = 66 \text{ м}^3$

Перевірка –

1. *Світле* --  $N_{\text{циклів світлого за рік}} = \frac{\text{кількість робочих діб}}{T_{\text{св}}} = \frac{340}{20} = 17$  циклів  
 $V_{\text{св/рік}} = N_{\text{циклів світлого за рік}} * V_{\text{ЦКТ св}} = 17 * 264 = 4598 \text{ м}^3/\text{рік}$

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Солодкий І.Ю.</i>			Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		<i>Іващенко Н.В.</i>						
Реценз.						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		<i>Василенко С.М.</i>						

$$2. \quad \text{Живе} \quad -- \quad N_{\text{циклів живого за рік}} = \frac{\text{кількість робочих діб}}{T_{\text{жв}}} = \frac{340}{13} =$$

$$26 \text{ циклів} \quad V_{\text{жв/рік}} = N_{\text{циклів живого за рік}} * V_{\text{ЦКТ жв}} = 26 * 86 = 2276 \text{ м}^3/\text{рік}$$

$$3. \quad \text{Темне} \quad -- \quad N_{\text{циклів темного за рік}} = \frac{\text{кількість робочих діб}}{T_{\text{т}}} = \frac{340}{30} = 11 \text{ циклів}$$

$$V_{\text{т/рік}} = N_{\text{циклів темного за рік}} * V_{\text{ЦКТ т}} = 11 * 66 = 726 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Всього пива за рік виходить

$$\Sigma = V_{\text{т/рік}} + V_{\text{жв/рік}} + V_{\text{св/рік}} = 4598 + 2276 + 726 = 7600 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Умова виконується продуктивність заводу перевищує потрібну на

$$\frac{7600-7500}{7500} * 100\% = 1,3\%.$$

### Розрахунок об'ємів ЦКТ

Для того щоб танки для різних сортів пива були приблизно однаковими приймаємо для світлого пива 8 танків, тобто

$$V_{\text{цкт}} = \frac{V_{\text{ЦКТ св}}}{8} = \frac{264}{8} = 33 \text{ м}^3$$

Тобто танки для світлого та темного пива повинні бути ємністю по 33 м<sup>3</sup>, для живого пива прийmemo 4 танки --  $V_{\text{цкт}} = \frac{V_{\text{ЦКТ жв}}}{4} = \frac{86}{4} = 21,5 \text{ м}^3$

Дані об'єми обираються для того щоб зменшити ємність форфасного відділення – чим менша ємність ЦКТ тим менша ємність форфасного танку. Сучасні ЦКТ заповнюють суслom на 80-90% щоб лишився простір для вуглекислого газу та утвореної піни в результаті бродіння, тому дійсні об'єми цкт треба збільшити на 10-20%. Для танків ємністю 33 м<sup>3</sup>

$$V_{\text{дісне}} = V_{\text{цкт}} * 1,2 = 33 * 1,2 = 39,6 \approx 40 \text{ м}^3$$

Для танків ємністю 21,5 м<sup>3</sup>

$$V_{\text{цкт дісне}} = V_{\text{цкт}} * 1,2 = 21,5 * 1,2 = 25,8 \approx 26 \text{ м}^3$$

### Визначення основних розмірів ЦКТ

Розраховуємо висоту та об'єм конуса: технологами досліджено що оптимальний кут конічної частини складає 60°, тому всі ЦКТ виготовляють з

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ					

конусом з кутом в  $60^\circ$ . Раніше прийнятий діаметр основи 2,4 м. отже висота конуса  $h_k = 2,1$  м. Розрахуємо об'єм конуса

$$V_k = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * h_k = \frac{1}{3} * 3.14 * \left(\frac{2.4}{2}\right)^2 * 2,1 = 3.2 \text{ м}^3$$

Знаходимо висоту циліндричної частини ЦКТ:  $h_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{S_{\text{ц}}} = \frac{36,8}{4,52} = 8,14$  м

Де  $V_{\text{ц}} = V_{\text{цкт дісне}} - V_k = 40 - 3,2 = 36,8 \text{ м}^3$  – об'єм циліндричної частини ЦКТ

$$S_{\text{ц}} = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3.14 * 2.4^2}{4} = 4.52 \text{ м}^2$$
 – площа основи циліндричної частини

Висота цкт враховуючи ізоляцію з пінополістиролу ( $\delta_{\text{із}} = 0,15$  м)

$$h_{\text{цкт}} = h_k + h_{\text{ц}} + \delta_{\text{із}} = 8,14 + 2,1 + 0,15 = 10,39 \text{ м}$$

Враховуючи ізоляцію дійсний діаметр ЦКТ

$$d_{\text{цкт}} = d + 2 * \delta_{\text{із}} = 2.4 + 2 * 0.15 = 2.7 \text{ м}$$

Аналогічно розраховуємо параметри ЦКТ для живого пива. Розрахуємо об'єм конуса.

$$V_k = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * h_k = \frac{1}{3} * 3.14 * \left(\frac{2.4}{2}\right)^2 * 2,1 = 3.2 \text{ м}^3$$

Знаходимо висоту циліндричної частини ЦКТ

$$h_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{S_{\text{ц}}} = \frac{22,8}{4,52} = 5,04 \text{ м}$$

Де  $V_{\text{ц}} = V_{\text{цкт дісне}} - V_k = 26 - 3,2 = 22,8 \text{ м}^3$  – об'єм циліндричної частини ЦКТ

$$S_{\text{ц}} = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3.14 * 2.4^2}{4} = 4.52 \text{ м}^2$$
 – площа основи циліндричної частини

Висота ЦКТ враховуючи ізоляцію з пінополістиролу ( $\delta_{\text{із}} = 0,15$  м)

$$h_{\text{цкт}} = h_k + h_{\text{ц}} + \delta_{\text{із}} = 5,04 + 2,1 + 0,15 = 7,72 \text{ м}$$

Враховуючи ізоляцію дійсний діаметр ЦКТ

$$d_{\text{цкт}} = d + 2 * \delta_{\text{із}} = 2.4 + 2 * 0.15 = 2.7 \text{ м}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка: по технологічним умовам для підтримання природної конвекції та перемішування сула при охолодженні в ЦКТ відношення діаметру до висоти повинно бути  $\frac{d}{h} = \frac{1}{1.5} \div \frac{1}{6}$

ЦКТ для світлого та темного пива  $\frac{d}{h} = \frac{2,4}{10,39} = \frac{1}{4,3}$  Умова виконується.

ЦКТ для живого пива  $\frac{d}{h} = \frac{2,4}{7,29} = \frac{1}{3,04}$  Умова виконується.

### Підбір варочного обладнання

В сучасних варках час 1-го циклу становить  $\tau_{\text{варки}} = 3$  години (разом з дезинфекцією), виходячи з цього час заповнення 1-го ЦКТ для світлого та темного пива буде

$$\tau_{\text{зап}} = \frac{V_{\text{цкт дісне}} * \tau_{\text{варки}}}{V_{\text{варки}}} = \frac{33 * 3}{12} = 8,25 \text{ годин}$$

Час заповнення 1-го ЦКТ для живого пива буде

$$\tau_{\text{зап}} = \frac{V_{\text{цкт дісне}} * \tau_{\text{варки}}}{V_{\text{варки}}} = \frac{21,5 * 3}{12} = 5,375 \text{ годин}$$

За вимогами технологів 1-н ЦКТ повинен заповнюватись не довше ніж 15 годин. Вимоги виконуються.

### Розрахунок танків для дріжджів (ЦКА)

З розрахунком можливості збільшення виробництва пива заводом приймаємо 2 ЦКА для світлого пива об'ємом  $V_{\text{цка світле}} = 200$  літрів

ЦКА для темного та живого пива приймаємо аналогічно – 4 танки по  $V_{\text{цка темне, живе}} = 100$  літрів.

### Розрахунок форфасного відділення

У форфасному відділенні розташовані форфаси – ємкості для зберігання готового пива перед розливом. Ємність форфасу залежить від ємності ЦКТ. Основною вимогою для його є повне звільнення ЦКТ від

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ					

готового пива, для проведення нового циклу заливу та бродіння свіжого сусла.

Ємність форфасу для світлого та темного пива має відповідати ємності пива одного ЦКТ для світлого пива, оскільки заповнення цих танків відбувається в чотири різні періоди.

$$V_{\text{ф св}} = V_{\text{ЦКТ}} * 1,1 = 33 * 1,1 = 36,3 = 36 \text{ м}^3$$

Оскільки форфасні танки заповнюються на 90% тому вводиться множник 1,1

Для темного пива встановлюємо такий самий форфасний танк, оскільки ємність ЦКТ для світлого та темного пива однакові.

Ємність форфасного танку для живого пива розраховуємо:

$$V_{\text{ф жв}} = V_{\text{ЦКТ}} * 1,1 = 21,5 * 1,1 = 23,65 = 24 \text{ м}^3$$

Форфасне приміщення охолоджується повітроохолодниками тому для можливості вільного обдуву всієї поверхні танків, прийmemo діаметр

$$D_{\text{ф}} = 3 \text{ м}$$

Розраховуємо довжину форфасних танків для світлого та темного пива:

$$L_{\text{ф св}} = \frac{V_{\text{ф св}}}{F} = \frac{36}{7} = 5,14 \text{ м}$$

Де  $F = \frac{\pi * D_{\text{ф}}^2}{4} = \frac{3,14 * 3^2}{4} = 7$  площа основи танка.

Розраховуємо для живого пива:

$$L_{\text{ф жв}} = \frac{V_{\text{ф жв}}}{F} = \frac{24}{7} = 3,43 \text{ м}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ТА ПЛАНУВАННЯ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА.

#### Приміщення в якому розташовані ЦКТ

Конуси ЦКТ розташовують в охолоджуваних приміщеннях, а циліндрична частина танку знаходиться назовні приміщення на відкритому повітрі. Висота конуса, що знаходиться в приміщенні  $h_k = 2,165$  м тому для зручності (можливість проходу та обслуговування ЦКТ) приймаємо висоту приміщення 4,8 м. Приміщення повинно охолоджуватись, що ми здійснюємо за допомогою повітроохолодників, тому стелі в камерах робимо гладкими а підлогу приймаємо на рівні землі.

В нашому приміщенні розташовані  $n_{\text{цкт}} = 14$  ЦКТ та 6 ЦКА діаметром  $D_{\text{цка}} = 0,7$  м. Приймаємо сітку колон 24x12 та розраховуємо кількість будівельних квадратів. Відстань між танками повинна бути не меншою ніж 2 метри це зумовлене тим що до ЦКТ треба підключати розв'язку трубопроводів закачки сусла, спуску дріжджів(після головного бродіння) та викачки готового пива.

Оскільки приміщення з ЦКТ специфічна будівля, то потрібно розмістити танки в приміщенні та провести перевірку на можливість прокладення трубопроводів.

Площа одного будівельного прямокутника

$$f_{\text{пр}} = a_{\text{пр}} * b_{\text{пр}} = 24 * 12 = 288 \text{ м}^2$$

Необхідну площу для розташування ЦКТ розраховуємо аналітично та визначаємо кількість необхідних будівельних прямокутників.

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>				<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

Перевірка: відстані між стінами та ЦКТ складають 1,5-2 метри.  
Відстані між танками – 1-2 метри. Умова на можливість проходу персоналу та прокладення технологічних трубопроводів виконується.

Охолоджуваними приміщеннями також є експедиція, Склад сировини та камери зберігання готової продукції, які також треба нанести на план.

Розраховуємо необхідну площу камер зберігання.

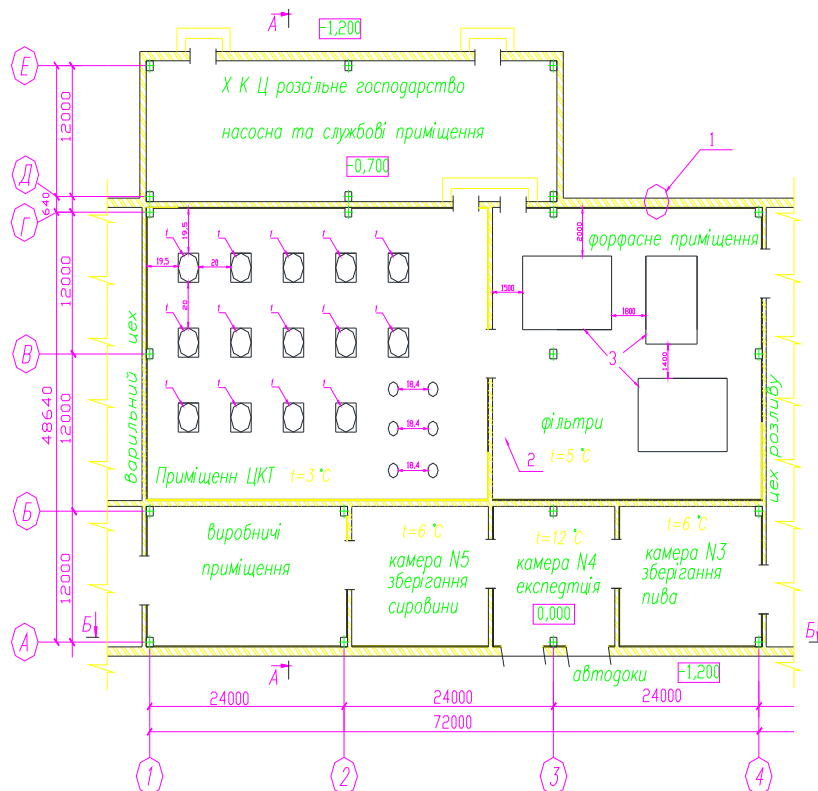
$$F_{\text{кхр}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v * h_{\text{гр}} * \beta} = \frac{168}{0,7 * 3 * 0,7} = 114,29 = 114 \text{ м}^2$$

Де  $B_{\text{к}} = 22 * 7 = 168$  т – місткість камери зберігання

$q_v = 0,7$  – норма навантаження на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму камери

$h_{\text{гр}} = 3$  м – вантажна висота штабеля (Б.К. Явнель табл. 7,5 )

$\beta = 0,7$  -- коефіцієнт використання вантажної площі камери



1-ЦКТ(циліндрично конічний танк)

2-ЦКА(танк для дріххів)

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

## 4. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ

### Вибір будівельних конструкцій

Вибираємо будівельні конструкції будівлі. Будівля холодильника виконується з цегляними несучими стінами; колони перерізом 400×400 мм, стропильні балки односкатні довжиною 12 м і висотою 890 мм. Висота камер до низу балки 4,8 м. Покриття без горищного типу. *Покрівельні плити* – залізобетонне пустотіле покриття, ухил покрівлі за рахунок шару керамзитового гравію перемінної товщини.

Всі дані про склад та товщини стін наведені в табл. 4.1

### Визначення коефіцієнта теплопередачі через стіни

Середньорічну температуру зовнішнього повітря для міста Жмтомір приймаємо за СНиП 2.01.01 – 82 (Строительная кліматологія и геофизика) рівною 7.6°C.

#### *Зовнішня стіна охолоджуваних приміщень*

Приймаємо одну конструкцію для всіх зовнішніх стін такою самою як для приміщення ЦКТ :

Оскільки температура в приміщеннях коливається від +3 до +6 (експедиція +12, але площа досить мала щоб змінювати конструкцію крівлі та стін приміщення) тому приймаємо при  $t_b = +4^{\circ}\text{C}$

Склад стіни наведено в табл. 1. Значення коефіцієнта теплопередачі для камери з  $t_b = 4^{\circ}\text{C}$  холодильника  $k_0^{mp} = 0,44 \text{ Вт/ м}^2\text{К}$  відповідно табл.8.2 (Б.К.Явнель). Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1:

$$\alpha_n = 23 \text{ Вт/ м}^2\text{К}; \alpha_B = 9 \text{ Вт/ м}^2\text{К}.$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Солодкий І.Ю.			Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лит.	Лист	Листів
Перевір.		Іващенко Н.В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Василенко С.М.						
						НУХТ, ХМ-4-12ск		

Визначаємо термічний опір окремих шарів будівельної конструкції

$R_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо

за додатком 3. Результати розрахунків заносимо у табл. 1. Підраховуємо сумарний термічний опір усіх прошарків, крім теплоізоляції.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0.02}{0.98} + \frac{0.004}{0.3} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.38}{0.81} + \frac{0.02}{0.93} = 0.02 + 0.013 + 0.022 + 0.469 + 0.022 = 0.546 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Необхідну товщину теплоізоляційного шару знаходимо за формулою :

$$\delta_{iz}^{mp} = \lambda_{iz} \cdot \left( \frac{1}{k_0^{mp}} - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right) \delta_{iz}^{mp} = 0,05 \cdot \left( \frac{1}{0,45} - \left( \frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,079 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100 мм

Оскільки дійсна товщина ізоляції відрізняється від розрахункової більш ніж на 10% знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_0^o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{iz}^{mp}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.546 + \frac{1}{9} + \frac{0,1}{0,05}} = 0,38 \text{ Вт/ м}^2\text{К.}$$

Приймаємо зовнішню стіну приміщення експедиції (+12° С) такою самою.

Ідентично розраховуємо всі інші огорожуючі конструкції.

*Внутрішні стіни:*

*Стіни між охолоджуваними приміщеннями, приймаємо склад всіх перегородок однаковими для перепаду температур з 4°С до 12 °С*

Значення коефіцієнта теплопередачі  $k_0^{mp} = 0,5 \text{ Вт/м}^2\text{К.}$

Знаходимо необхідну товщину теплоізоляційного шару:

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{из}^{mp} = 0,05 \cdot \left( \frac{1}{0,42} - \left( \frac{1}{9} + 0,349 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,071 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 75 мм

*Покриття охолоджуваних камер:*

Теплоізоляцію покриття приймаємо однакову для всіх камер. В якості розрахункової конструкції приймаємо конструкцію покриття в приміщенні ЦКТ ( $t_{в} = +3^{\circ} \text{ C}$ ). Значення коефіцієнта теплопередачі для покриття  $k_0^{mp} = 0,42 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К}$ . Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої поверхні приймаємо рівним  $\alpha_{в} = 9 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К}$ .

Теплоізоляція покриття з плитних матеріалів (пінопласт марки ПСБ-С). Сумарний термічний опір усіх прошарків прийнятої конструкції покриття:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,743 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{из}^{mp} = 0,05 \cdot \left( \frac{1}{0,42} - \left( \frac{1}{23} + 0,743 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,074 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 75 мм.

*Підлога охолоджуваних приміщень:*

Теплоізоляцію підлоги приймаємо однакову для всіх охолоджуваних приміщень. В якості розрахункової конструкції приймаємо конструкцію підлоги в приміщенні ЦКТ ( $t_{в} = +3^{\circ} \text{ C}$ ).

Значення коефіцієнта теплопередачі покриття підлоги  $k_0^{mp} = 0,41 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К}$ . Коефіцієнт тепловіддачі підлоги приймаємо рівним  $\alpha_{в} = 9 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К}$ .

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний термічний опір шарів конструкції (крім теплоізоляції керамзитового гравію):

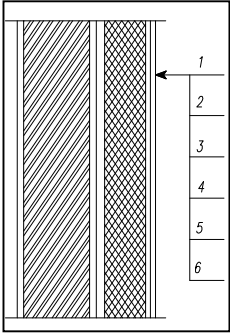
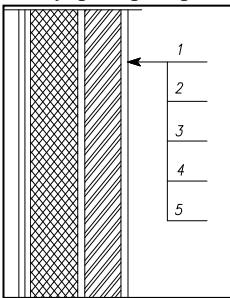

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.586 \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{ib}^{mp} = 02 \cdot \left( \frac{1}{0,41} - \left( \frac{1}{9} + 0.586 \right) \right) = 0,34 \text{ м.}$$

Приймаємо шар ізоляції 340 мм (насіпна ізоляція)

Табл. 4.1

Конструкція огородження	№ шару	Найменування і матеріал	Товщина	Коеф. Тепло-провід $\lambda_i \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$	Терм. Опір $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ $\frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$
<b>Зовнішня стіна</b> 	1	Штукатурка по мет. сітці	0,002	0,98	0,02
	2	Пінополістирол ПСБ-С	визначаєм	0,05	Необхідно визначити
	3	2 шари гідроізола	0,004	0,3	0,013
	4	Штукат. цемент-нісчана	0,02	0,93	0,022
	5	Кладка цегляна	0,38	0,81	0,469
	6	Штукат складним розч	0,02	0,93	0,022
					<b>Σ = 0,546</b>
<b>Внутр. перегородка</b> 	1	Штукатурка складним розчином	0,02	0,98	0,022
	2	Кладка цегляна	240	0,81	0,296
	3	2 шари гідроізола	0,004	0,3	0,013
	4	ПСБ-С	-	-	-
	5	Штукат по мет сітці	0,02	0,98	0,02
					<b>Σ = 0,349</b>
<b>Перекрыття</b> 	1	15 шарів гідроізола на бітум мастиці	0,012	0,3	0,04
	2	Бітумна ґрунтовка	0,001	0,17	0,006

Арк.

00.БКР.142.004.020.ПЗ

Зм.

Підпис

Дата

3	Цементнопісчана стяжка	0,04	1,1	0,036
4	Керамзит гравій	0,105	0,2	0,525
5	Залізобетон	0,22	2,04	0,108
6	Бітум ґрунтовка	0,001	-	-
7	ПСБ-С	-	-	-
8	Штукатскладн розчином	0,02	0,93	0,022
				$\Sigma = 0,743$

<p>Підлога</p>	1	Монолітне бетон покриття з важко- го бетону	0,04	1,86	0,022
	2	Армобетонна стяжка	0,08	1,86	0,043
	3	Пароізоляція	0,001	0,3	-
	4	Керамз гравій	-	0,2	-
	5	Насипний ґрунт	0,5	1,16	0,43
	6	Бетонапідговок	0,1	1,1	0,091
	7	Ґрунт основи			$\Sigma = 0,586$

Огородження	$t_{в}, C^{\circ}$	$\alpha_n$ , Вт/ м <sup>2</sup> К	$\alpha_v$ , Вт/ м <sup>2</sup> К	$R_n$ м <sup>2</sup> К / Вт	$R_v$ м <sup>2</sup> К / Вт	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ м <sup>2</sup> К/Вт	Товщина тепло- ізоляційно го шару, мм		Коефіцієнт теплопередачі, Вт/ м <sup>2</sup> К	
							$\delta_{із}^{тр}$	$\delta_{із}^{д}$	$k_0^{тр}$	$k_0^{д}$
Зовнішні стіни камер	+4	23	9	0,043	0,111	0,546	79	100	0,44	0,38
Покриття охо- лоджуємих камер	+4	23	9	0,043	0,111	0,743	0,074	0,075	0,42	0,42
Підлога охолоджуваних камер	+6,8	0	9	0	0,11	0,586	340	340	0,41	0,41
Внутрішні сті- ни приміщень, між відділен- нями	+12	9	9	0,111	0,111	0,349	71	75	0,5	0,5

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Розрахунок ЦКТ*

Ізоляція в танках стандартна з пінополістиролу товщиною 50 мм

Коефіцієнт теплопередачі знаходимо попередніми формулами:

Захисний шар з оцинкованого гофрованого заліза товщиною 1 мм не враховуємо.

$$\alpha_1=23\text{Вт/ м}^2\text{К} \quad \alpha_2=11\text{Вт/ м}^2\text{К}$$

$$k_0 = \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) k_0 = \left( \frac{1}{23} + \frac{0.05}{0.05} + \frac{1}{11} \right) = 0.14 \text{Вт/ м}^2\text{К}.$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОАДХОДЖЕНЬ

### Види теплонадходжень

#### Теплонадходження через огороджуючі конструкції

$Q_1$ , визначаємо як суму теплонадходжень (через стіни, перегородки, перекриття або покриття, через підлоги тощо), викликаних наявністю різниці температур зовні огородження й усередині охолоджуваного приміщення  $Q_{1т}$ , а також тепло надходжень внаслідок впливу сонячної радіації  $Q_{1с}$  через покриття і зовнішні стіни:

$$Q_1 = Q_{1т} + Q_{1с}$$

Теплонадходження через стіни, перегородки, перекриття або покриття  $Q_{1т}$  (у кВт) розраховуємо по формулі:

$$Q_{1т} = k_d \cdot F \cdot \theta \cdot 10^{-3} = k_d \cdot F \cdot (t_n - t_b) \cdot 10^{-3}$$

де  $k_d$  - дійсний коефіцієнт теплопередачі огородження, визначаємий при розрахунку товщини ізоляційного шару по формулі (8.3), Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$F$  - розрахункова площа поверхонь огороджень, м<sup>2</sup>;

$\theta$  - розрахункова різниця температур (температурний напір), °К;

$t_n$  - розрахункова температура повітря з зовнішньої сторони огородження, °К;

$t_b$  - розрахункова температура повітря усередині охолоджуваного приміщення, °С.

Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни і покриття холодильників  $Q_{1с}$  (у кВт) визначаємо по формулі:

$$Q_{1с} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}$$

де  $k_d$  - дійсний коефіцієнт теплопередачі огородження, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$F$  - площа поверхні огородження, що опромінюється сонцем, м<sup>2</sup>;

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

$\Delta t_c$  - надлишкова різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації в літню пору, °К.

Кількість теплоти від сонячної радіації залежить від зони розташування холодильника (географічної широти), характеру поверхні й орієнтації її по сторонах обрїю.

Температуру зовнішнього повітря для міста Фастів: середньорічна  $t_{сг} = 7.8^0$ ; літня розрахункова  $t_{лр} = 31^0$  С; зимня  $t_3 = -21^0$ С

Розраховуємо надходження теплоти через будівельні конструкції:

Приміщення ЦКТ (1),  $t_{вн} = 3^0$ С. *Внутрішня стіна* (південна суміжна з камерою 5 )

$$k_d = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 4^0\text{С}$$

$F = lh$ , де  $l$  – довжина стіни, а  $h$  – висота стіни.

$$F = 6 \cdot 4.8 = 28.8 \text{ м}^2$$

$$Q_{1т} = 0,55 \cdot 28.8 \cdot (4 - 2) \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ кВт}$$

Стіна внутрішня, тому теплопритоків від сонячної радіації немає.

$$Q_{1с} = 0$$

*Внутрішня стіна південна суміжна з виробничими приміщеннями*

$$k_d = 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 20^0\text{С}$$

$$F = 18 \cdot 4.8 = 86.4 \text{ м}^2$$

$$Q_{1т} = 0,5 \cdot 86.4 \cdot (20 - 3) \cdot 10^{-3} = 0.73 \text{ кВт}$$

*Внутрішня стіна* (північна):

$$k_d = 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 20^0\text{С}$$

$$F = 12 \cdot 4.8 = 57,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{1т} = 0,5 \cdot 57.6 \cdot (20 - 3) \cdot 10^{-3} = 0.48 \text{ кВт}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Внутрішня (західна):*

$$k_d = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 5^\circ\text{C}$$

$$F = 12 \cdot 4,8 = 57,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{1T} = 0,55 \cdot 57,6 \cdot (5 - 3) \cdot 10^{-3} = 0,063 \text{ кВт}$$

*Внутрішня (східна):*

$$k_d = 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 20^\circ\text{C}$$

$$F = 12 \cdot 4,8 = 57,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{1T} = 0,5 \cdot 57,6 \cdot (20 - 3) \cdot 10^{-3} = 0,489 \text{ кВт}$$

*Покрівля (не враховуємо площі танків):*

Площа основи одного ізолюваного танку  $S_T = 8,2 \text{ м}^2$

$$k_d = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 31^\circ\text{C}$$

$$F = 20 \cdot 6,585 - 7 \cdot 8,2 = 74,6 \text{ м}^2$$

$$\Delta t_c = 14,9^\circ\text{C} \text{ (Б.К. Явнель стор. 57)}$$

$$Q_{1T} = 0,4 \cdot 74,6 \cdot (32 - 2) \cdot 10^{-3} = 0,89 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0,4 \cdot 74,6 \cdot 14,9 \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c} = 1,33 \text{ кВт}$$

*Підлога:*

Оскільки підлога без нагрівників, то теплонадходження через неї визначаємо сумуванням притоків через умовні зони шириною 2 метри

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



відповідних розмірів, які зачиняються дверима. Двері повинні легко відкриватися і закриватися, забезпечувати щільне прилегання до коробки по всьому периметру для зменшення втрат холоду. Вибираємо двері вантажні відкатні:

$$F_d = 6 \text{ м}^2$$

$$k_d = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Оскільки через внутрішню стіну  $k_d = 0,44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , то теплонадходження враховуємо по всій площі стіни.

Далі розрахунки ведемо аналогічно, результати розрахунків теплонадходжень до охолоджуваних приміщень заносимо у таблицю 5.1

огороження	$k_{од}$ Вт/(м <sup>2</sup> )*К	F, м <sup>2</sup>	$t_{в}$ °С	$\theta$ °С	$Q_{1г}$ , кВт	$\Delta t$ °С	$Q_{1с}$ , кВт	$Q_1$ кВт
Приміщення №1: ЦКТ (t= 3°С)								
Внутрішня стіна східна	0,5	57,6	20	3	0,489	17	0	0,49
Покрівля	0,4	74,6	32	28	0,89	14,9	0,44	1,33
Підлога	0,41	148	5,8	3,8	0,016	-	-	0,02
Стіна камерою зберігання 5	0,55	34,8	4	3	0,031	0	0	0,03
Стіна західна	0,55	57,6	5	3	0,063	1	0	0,06
Стіна південна	0,5	86,4	20	18	0,73	0	0	0,7
$\Sigma = 2,63$ кВт								
Приміщення №2: форфасне (t= 2°С)								
Зовнішня стіна: південна та західна	0,38	134,4	32	30	1,532	6,1	0,327	1,85
Стіна з камерою 3	0,52	38,4	4	2	0,039	0	0	0,04
Стіна з експедицією	0,52	38,4	12	10	0,18	0	0	0,04
Покрівля	0,4	192	32	30	2,3	14,9	1,144	3,4
Підлога	0,41	178,24	5,8	3,8	0,145	0	0	0,2
$\Sigma = 5,53$ кВт								

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера №3: камера зберігання готового пива( $t=6^{\circ}\text{C}$ )								
Покрівля	0,4	36	32	26	0,37	14,9	0,22	0,58
Підлога	0,41	36	5,8	1,8	0,001	0	0	0,002
Стіна з експедицією 5	0,5	29	12	6	0,119	0	0	0,101

$\Sigma=0,7 \text{ кВт}$

Камера №4: камера зберігання сировини( $t=6^{\circ}\text{C}$ )								
Зовнішня стіна: північна	0,38	38.4	32	26	0,4	8	0,117	0,52
Покрівля	0,4	48	32	26	0,5	14,9	0,3	0,8
Підлога	0,41	48	5,8	1,8	0,002	0	0	0,002
Стіна з камерою 4	0,5	29	12	6	0,09	0	0	0,09
Стіна з В.П	0,5	29	20	6	0,2	0	0	0,072

$\Sigma=1,48 \text{ кВт}$

огороження	$k_{од}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$F, \text{м}^2$	$t_{н}^{\circ}\text{C}$	$\theta, ^{\circ}\text{C}$	$Q_{ит}, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_c, ^{\circ}\text{C}$	$Q_{іс}, \text{кВт}$	$Q_1 \text{ кВт}$
Експедиція камера №5: ( $=12^{\circ}\text{C}$ )								
Зовнішня стіна: Північна	0,38	29	32	20	0,22	4,9	0,062	0,282
Покрівля	0,4	36	32	20	0,28	14,9	0,258	0,538
Підлога	0,41	43	5,8	-	-	0	0	0
					0	0	0	

$\Sigma Q_{13аг} = 0,82 \text{ кВт}$

### Теплонадходження до танків ЦКТ.

ЦКТ розташовані в один ряд зі заходу на схід.

Для світлого пива.

$$k_d = 0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 31^{\circ}\text{C}$$

$F = Sh + F_T$ , де  $S$  – площа основи, а  $h$  – висота стіни,  $F_T$  – площа торця.

$$F = 4,52 \cdot 6,4 + 7,06 = 35,4 \text{ м}^2$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

$$Q_{1r} = 0,32 \cdot 35,4 \cdot (32) \cdot 10^{-3} = 0,368 \text{ кВт}$$

Теплопритоки через сонячну радіацію – ЦКТ покрито захисним шаром оцинкованого металу пофарбованого спеціальною білою фарбою, тому  $\Delta t = 4^\circ\text{C}$ .

$$Q_{1c} = 0,32 \cdot 35,4 \cdot 4 = 0,045 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 0,413 \text{ кВт}$$

Теплопритоки до ЦКТ від сонячної радіації.

Кількість танків для світлого пива 4шт, отже :

$$Q_1 = 8 \cdot 0,045 + 8 \cdot 0,368 = 3,304 \text{ кВт}$$

Аналогічно розраховуємо для ЦКТ живого пива:

$$Q_1 = 0,368 \cdot 4 + 0,022 \cdot 4 = 1,536 \text{ кВт}$$

Аналогічно розраховуємо для ЦКТ темного пива:

$$Q_1 = 0,368 \cdot 2 + 0,022 \cdot 2 = 0,78 \text{ кВт}$$

### ***Теплонадходження від обробки продукту $Q_2$ кВт***

Продуктивність пива за добу становить  $G = 2235$  дал/добу.

За даними технологів пиво після розливу поступає на зберігання з температурою  $15^\circ\text{C}$  і охолоджується до  $6^\circ\text{C}$

Розраховуємо теплове навантаження на камеру охолодження та зберігання готового пива № 3

$$Q_{2,3} = G \cdot c_p \cdot \Delta t = \frac{22,35 \cdot 1000}{22,35 \cdot 3600} \cdot 4,19 \cdot (15 - 6) = 10,48 \text{ кВт}$$

Навантаження на камеру зберігання сировини приймаємо такою самою № 5:

$$Q_{2,4} = 10,48 \text{ кВт}$$

Навантаження на охолодження ЦКТ після закінчення основного бродіння.

Після закінчення головного бродіння пивне сушло за технологічними вимогами потрібно за добу охолодити з  $6^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$

Танки для світлого пива  $V_{\text{св}} = 72 \text{ м}^3$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

$$Q_{2,cb} = G * c_p * \Delta t = \frac{72 * 1000}{22,35 * 3600} * 4,19 * 6 = 21 \text{ кВт}$$

Танк для живого пива розраховуємо аналогічно.

$$Q_{2,жв} = G * c_p * \Delta t = \frac{47 * 1000}{22,35 * 3600} * 4,19 * 8 = 18,24 \text{ кВт}$$

Танк для темного пива розраховуємо аналогічно.

$$Q_{2,т} = G * c_p * \Delta t = \frac{72 * 1000}{22,35 * 3600} * 4,19 * 6 = 21 \text{ кВт}$$

Можливе максимальна навантаження при охолодженні сусла в усіх трьох різних танках, отже  $Q_{2,цкт} = Q_{2,cb} + Q_{2,жв} + Q_{2,т} = 21 * 2 + 18,24 = 60,24 \text{ кВт}$

Теплопритоки від охолодження звареного сусла.

Складаємо тепловий баланс суислового пластинчастого теплообмінника (виготовляється комплекті з варкою).

$$Q_{\text{сусла}} = Q_{\text{води}}$$

$$G_c * c_c * \Delta t_c = G_v * c_v * \Delta t_v$$

$$\frac{12 * 960}{7600} * 3,85 * (95 - 6) = 519,4 \text{ кВт}$$

Отже навантаження на пластинчастий сусловий теплообмінник становить 519,4кВт, враховуючи втрати у трубопроводах 3% :

$$Q_{\text{води}} = 1,3 * Q_{\text{сусла}} = 219,3 * 1,03 = 534,98 \text{ кВт}$$

Щоб визначити теплове навантаження на випарник льодяної води знаходимо витрату льодяної води  $G_v = \frac{Q_{\text{води}}}{c * \Delta t} = \frac{534,98}{4,19 * (85 - 2)} = 1,54 \text{ кг/с}$

Визначаємо навантаження на випарник льодяної води ( $\Delta t = (14 - 2) = 12^\circ\text{C}$ )

$$Q_{2,лв} = G_v * c_p * \Delta t = 1,54 * 4,19 * 83 = 535,57 \text{ кВт}$$

**Теплонадходження від бродіння пива (життєдіяльність дріжжів)  $Q_3$ :**

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

За даними технологів максимальне підвищення температури сусла в танках в результаті бродіння досягає 1,5°C за добу. Максимальна кількість танків в яких відбувається головне бродіння : світлих — 8, живого — 4 та темного 2.

Максимальний об'єм сусла на стадії головного бродіння:

$$V_{\text{бр max}} = 72 * 5 + 47 * 2 = 454 \text{ м}^3$$

Визначаємо тепл притоки від бродіння пивного сусла

$$Q_3 = G * c_p * \Delta t = \frac{454 * 960}{22,35 * 3600} * 3,85 * 1,5 = 29,2 \text{ кВт}$$

#### **Експлуатаційні теплонадходження $Q_4$ .**

Ці теплонадходження виникають внаслідок освітлення камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів і відкриття дверей. Теплонадходження визначають від кожного джерела теплонадходжень окремо.

Експлуатаційні теплонадходження визначаються, як сума теплонадходжень окремих видів:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Теплонадходження від освітлення  $q_1$  розраховуємо по формулі:

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3}$$

де  $A$  - теплота, яка виділяється джерелами освітлення в одиницю часу на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$ —площа камери, м<sup>2</sup>.

Теплонадходження від перебування людей  $q_2$  :

$$q_2 = 0,35 \cdot n$$

де 0,35 —тепловиділення однієї людини при важкій фізичній роботі, кВт;

$n$  - кількість людей, що працюють у данному приміщенні.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплонадходження від працюючих електродвигунів  $q_3$  при розташуванні електродвигунів вохолоджуваному приміщенні визначаємо по формулі:

$$q_3 = N_9$$

де  $N_9$  - сума р на потужність електродвигунів, кВт.

Теплонадходження при відкриванні дверей  $q_4$  розраховують по формулі

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3}$$

де  $K$ - питомий приплив теплоти від відкривання дверей, Вт/м<sup>2</sup> (табл. 9.2);

$F$  – площа камери, м<sup>2</sup> .

*Приміщення ЦКТ №1*

$$F=480 \text{ м}^2 \quad A=2,3 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} = 2,3 \cdot 480 \cdot 10^{-3} = 1.104 \text{ кВт};$$

$$n=1 \text{ чоловіка } q_2 = 1,104 \cdot 1 = 1.104 \text{ кВт};$$

$$q_3 = N_9 = 5 \text{ кВт ( Б.К. Явнель стор. 60);}$$

$$K=15 \text{ Вт/ м}^2,$$

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3} = 15 \cdot 480 \cdot 10^{-3} = 7.2 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 14.4 \text{ кВт}$$

*Камера №2 форфасне відділення:*

$$F=384 \text{ м}^2, A=2,3 \text{ Вт/м}^2:$$

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} = 2,3 \cdot 384 \cdot 10^{-3} = 0,88 \text{ кВт};$$

$n=1$  чоловіка:

$$q_2 = 0,88 \cdot 1 = 0,88 \text{ кВт};$$

$$q_3 = N_9 = 5 \text{ кВт};$$

$$K=15 \text{ Вт/ м}^2,$$

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3} = 15 \cdot 384 \cdot 10^{-3} = 5,76 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 12.52 \text{ кВт}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Камера №3:*

$$F=72 \text{ м}^2, A=2,3 \text{ Вт/м}^2:$$

$$q_1 = 2,3 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ кВт};$$

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

$$q_3 = N_y = 3 \text{ кВт};$$

$$K=78 \text{ Вт/ м}^2,$$

$$q_4 = 78 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 5,62 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 9,48 \text{ кВт}.$$

*Камера № 4:*

$$F=96 \text{ м}^2, A=4,7 \text{ Вт/м}^2:$$

$$q_1 = 4,7 \cdot 96 \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ кВт};$$

$$n=2 \text{ чоловіка: } q_2 = 0,44 \cdot 2 = 0,88 \text{ кВт};$$

$$q_3 = N_y = 4 \text{ кВт}$$

$$K=78 \text{ Вт/ м}^2,$$

$$q_4 = 78 \cdot 96 \cdot 10^{-3} = 7,4 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 12,72 \text{ кВт}.$$

*Камера № 5:*

$$F=96 \text{ м}^2, A=4,7 \text{ Вт/м}^2:$$

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} = 4,7 \cdot 96 \cdot 10^{-3} = 0,45 \text{ кВт};$$

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

$$q_3 = N_y = 4 \text{ кВт};$$

$$K=38 \text{ Вт/ м}^2,$$

$$q_4 = 38 \cdot 96 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 8,75 \text{ кВт}.$$

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

***Спочатку визначаємо навантаження на обладнання камер:***

$$Q_{i\text{в}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера № 1:  $Q_{обл} = 5.26 + 19.4 = 24,66$  кВт

Камера № 2:  $Q_{обл} = 11.06 + 17.52 = 28.58$  кВт

Камера № 3:  $Q_{обл} = 1,4 + 9.18 = 10.58$  кВт

Камера № 4:  $Q_{обл} = 2,96 + 16.8 = 19.76$  кВт

Камера № 5:  $Q_{обл} = 1,64 + 12.92 + 13.1 = 27.66$  кВт

ЦКТ:  $Q_{цкт} = 3.304 + 1,536 + 0.78 + 60,24 + 29,2 = 95,06$  кВт

Випарник льдяної води  $Q_{л} = 97,54$  кВт

*Визначимо навантаження на компресор:*

$$\Sigma Q = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + 60\% \Sigma Q_4 + \Sigma Q_{цкк} + Q_{л} = 22.32 + 184.6 + 29,2 + 60,24 \cdot 1,2 = 272 \text{ кВт}$$
$$\Sigma Q = 272 \text{ кВт}$$

Але потрібно врахувати коефіцієнт робочого часу та втрати тепла в трубопроводах проміжного теплоносія.

$$Q_k = Q * k = 272 * 1.12 = 304 \text{ кВт}$$

К- коефіцієнт запасу на втрати у трубопроводах та апаратах (Б.К. Явнель стор. 62);

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. ВИБІР РОЗРАХУНКОВОГО РЕЖИМУ ТА ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ

Максимально низька температура до якої необхідно охолодити сусло в ЦКТ  $t_b = 0^\circ\text{C}$  тому:

З економічного обґрунтування (мале теплове навантаження на охолодження ЦКТ та камер) приймаємо систему охолодження з проміжним теплоносієм пропіленгліколем. Концентрація в водному розчині 40% температура замерзання  $-20^\circ\text{C}$

Визначаємо температуру пропіленгліколю на охолодження танків ЦКТ.

Температура пропіленгліколю на виході повинна бути на  $8^\circ\text{C}$  нижчою від температури сусли  $t_b = 0^\circ\text{C}$ , отже  $t_{p2} = t_b - 8 = 0 - 8 = -8^\circ\text{C}$ .

Нагрів пропіленгліколю в приладах охолодження (охолоджувальні кармани ЦКТ та повітроохолодники) становить  $3^\circ\text{C}$ , звідси  $t_{p1} = t_{p2} - 3 = -8 - 3 = -11^\circ\text{C}$

Температура кипіння холодильного агенту визначаємо по середній температурі пропіленгліколю

$$\bar{t}_p = \frac{t_{p1} + t_{p2}}{2} = \frac{-11 + (-8)}{2} = -9,5^\circ\text{C}$$

Температура кипіння фреону повинна бути нижчою від  $\bar{t}_p$  на  $5-6^\circ\text{C}$ , отже

$$t_0 = \bar{t}_p - 5 = -9,5 - 5 = -14,5 = -15^\circ\text{C}$$

2. Для охолодження льдяної води ( $t_l = 0,5 \div 2^\circ\text{C}$ ) використовуємо кожухотрубний випарник..

$$t_{0.l} = -4^\circ\text{C}$$

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Солодкий І.Ю.				Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лист	Лист	Листів
Перевір.	Іващенко Н.В.							
Реценз.								
Н. Контр.						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		
Затверд.	Василенко С.М.							

## Побудова циклу та розрахунок холодильної машини

Раніше визначені навантаження на компресори становлять

$$Q_{I(-15^{\circ}C)} = 168 \text{ кВт}$$

$$Q_{II(-4^{\circ}C)} = 136 \text{ кВт}$$

Використовуємо дві одноступеневі схеми замкнені на один спільний повітряний конденсатор.

Температура конденсації залежить від температури навколишнього середовища (літня розрахункова температура). Температуру конденсації для повітряних конденсаторів приймаємо на  $9^{\circ}C$  вищу ніж  $t_{nc}$

$$t_k = t_{nc} + 9^{\circ}C = 31 + 9 = 40^{\circ}C$$

Для м. Фастів  $t_{nc} = 31^{\circ}C$

Будуємо цикл в lgP-h діаграмі (рис 5.1) для R404A. Значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу заносимо у таблицю 5,1.

Величина перегрівання пари х.а.

$$t_{вс} - t_o = 10^{\circ}C$$

Переохолодження в конденсаторі

$$t_{но} - t_k = 3^{\circ}C$$

Нагрівання пари при охолодженні електрообмотки двигуна компресора

$$t_{пдв} = 5^{\circ}C$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

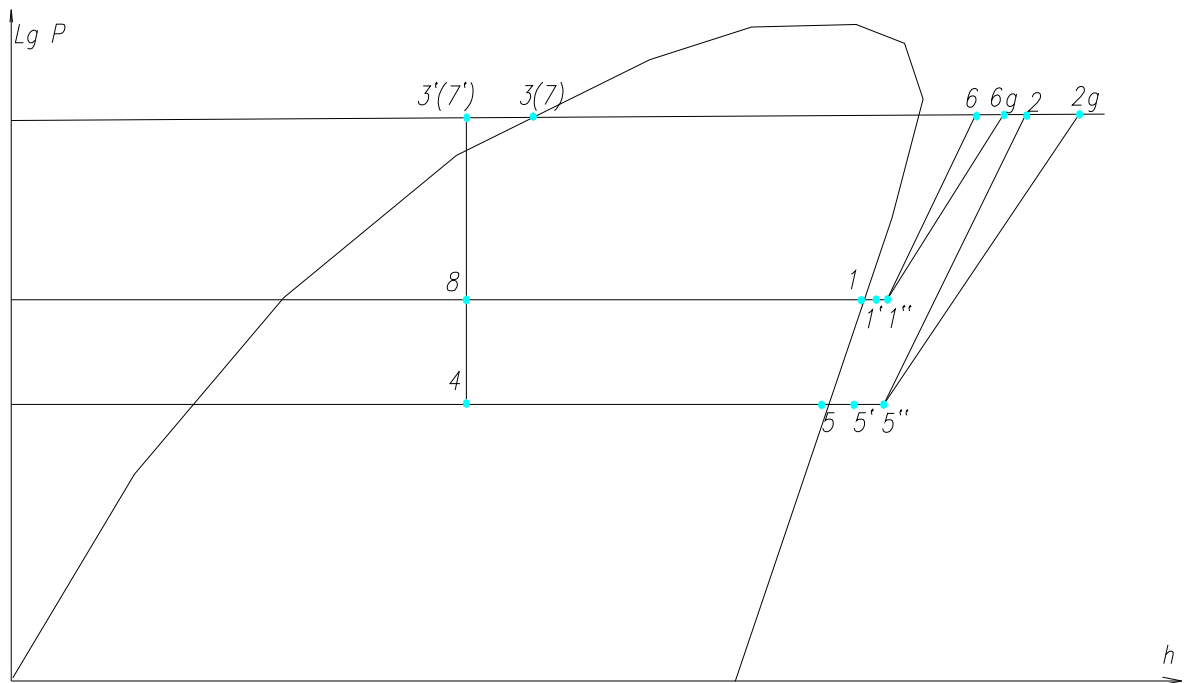
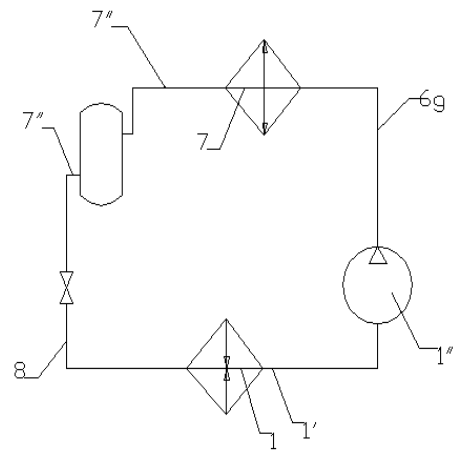
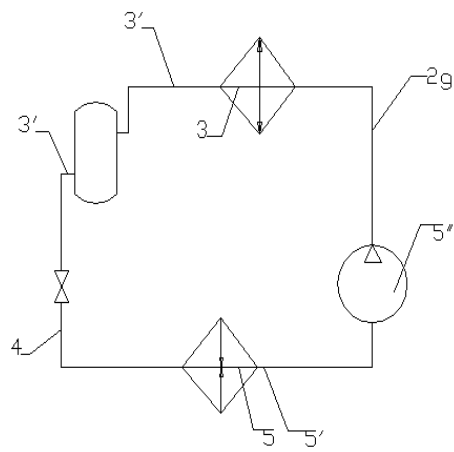


Рис. 5.1

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 6.1

№ ТОЧКИ	t, °C	P, МПа	v, м³ / кг	h, кДж / кг
1	-15	3.6	0,054	360
1'	-5 369		3.6	0,57
1''	0	3.6	0,059	372
2	62	19	0,011	408
3	41	19	--	257
3'	39	19	—	261
4	-15	3,6	—	261
5	-4	5.3	0,37	365
5'	6	5.3	0.39	373
5''	11	5.3	0,041	379
6	60	19	0,011	407
7	41	19	—	257
7'	39	19	—	261
8	-4	5.3	—	261

### Компрессор для системы з проміжним теплоносієм

Масова витрата циркулюючого х.а.

$$M_m = Q_{(-15^{\circ}C)} / (h_4 - h_{1'}) = \frac{168}{369 - 261} = 1.56 \text{ кг/с}$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності КМ знайдемо коефіцієнт подачі

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_{w1}$$

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі для КМ 1:

$$\lambda_{i1} = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_0} - C * \left( \left( \frac{P_K - \Delta P_H}{P_0} \right)^{\frac{1}{m_n}} - \left( \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_0} \right) \right)$$

Мертвий простір  $C = 0,025$ , показник політропи  $m_n = 1,1$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

$$\Delta P_{bc} = 35 \text{ кПа} \quad P_0 = 360 \text{ кПа} \quad P_k = 1900 \text{ кПа} \quad \Delta P_H = 200 \text{ кПа}$$

$$\lambda_{i1} = \frac{360 - 35}{360} - 0,025 * \left( \left( \frac{1900 - 200}{360} \right)^{\frac{1}{1,1}} - \left( \frac{360 - 35}{360} \right) \right) = 0,83$$

Коефіцієнт, що виражає об'ємні втрати:

$$\lambda_{wl'} = \frac{T_{np}}{T_k} = \frac{273 - 15}{273 + 41} = 0,84$$

$$\lambda_1 = \lambda_{i1} \cdot \lambda_{wl'} = 0,84 \cdot 0,83 = 0,7$$

Об'єм парів відсмоктуваних компресором за одиницю часу :

$$V_T = M_{км1} \cdot v_{1''} = 1,56 \cdot 0,059 = 0,092 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Об'єм описаний поршнями компресора :

$$V_D = \frac{V_T}{\lambda} = \frac{0,092}{0,7} = 0,131 \text{ м}^3 / \text{с} = 471,6 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Підбираємо три поршневі компресори BITZER8GC-60.2Y сумарною подачею відразу враховуючи приблизний 20% запас  $V_{км} = 555 \text{ м}^3 / \text{год} = 0,15 \text{ м}^3 / \text{с}$ , технічні характеристики будуть подані нижче.

Коефіцієнт робочого часу становить

$$b = \frac{V_D}{V_{км}} = \frac{471,6}{555} = 0,85$$

Оскільки теплове навантаження було розраховане на пікові режими.

Коефіцієнт робочого часу зменшувати не потрібно.

Дійсна сумарна масова витрата становить

$$M_{км} = \lambda * \frac{V_{км}}{v_1} = 0,7 * \frac{0,15}{0,059} = 1,77 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодопродуктивність  $Q_o = M_{км} * q_o = 1,77 * 185 = 327 \text{ кВт}$

Адіабатна потужність:  $N_A = M_{км} \cdot (h_2 - h_{1''}) = 2,54 \cdot (408 - 372) = 91 \text{ кВт}$

Індикаторний ККД:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

$$\eta_i = \lambda_{w_i} + b \cdot t_{пр}, b = 0,0025$$

$$\eta_i = 0,84 + 0,0025 \cdot (-15) = 0,79$$

Визначаємо дійсну точку в кінці стискання. Для цього визначаємо ентальпію точки

$$h_{2д} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 372 + \frac{408 - 372}{0,79} = 417,5 \text{ кДж / кг}$$

Індикаторна потужність:

$$N_i = N_A / \eta_i = 91 / 0,79 = 115 \text{ кВт}$$

$P_{тр}$  - так званий «середній тиск» для фреонів  $P_{тр} = 40 \text{ кПа}$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_T \cdot P_{тр} = 0,092 \cdot 40 = 3,68 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 115,2 + 3,68 = 118,9 \text{ кВт}$$

$\eta_{ел.дв.} \cdot \eta_{мех}$  - ККД електричної та механічної передачі відповідно

Потужність двигуна:

$$N_{дв} = N_e / \eta_{ел.дв.} \cdot \eta_{мех} = 118,9 / 0,95 \cdot 0,96 = 131 \text{ кВт}$$

Встановлені на компресор двигуни мають потужність

$$P_{км} = 48 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність електродвигунів компресорів

$$\Sigma P_{км} = 48 \cdot 3 = 144 \text{ кВт}$$

отже двигуни підібрані вірно.

Дійсне навантаження на конденсатор

$$Q_{кд} = Q_0 + N_i = 327 + 115 = 442 \text{ кВт}$$

Аналогічно розраховуємо компресор для системи охолодження льодяної води.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Компресор для системи охолодження льодяної води

Об'єм парів відсмоктуваних компресором за одиницю часу :

$$V_T = 0,071 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Об'єм описаний поршнями компресора ( $\lambda = 0,75$ ) :

$$V_D = 0,098 \text{ м}^3 / \text{с} = 352 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Підбираємо два поршневі компресори BITZER8GC-60.2Y сумарною подачею  $V_{\text{км}} = 370 \text{ м}^3 / \text{год}$ , технічні характеристики будуть подані нижче.

Коефіцієнт робочого часу становить

$$b = \frac{V_D}{V_{\text{км}}} = 0,95$$

Коефіцієнт робочого часу знаходиться в допустимих межах.

Дійсна сумарна масова витрата становить

$$M_{\text{км}} = 1,19 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодопродуктивність

$$Q_o = 220 \text{ кВт}$$

Адіабатна потужність:

$$N_A = 42,84 \text{ кВт}$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w_i} + b \cdot t_{\text{пр}}, \quad b = 0,0025,$$

$$\eta_i = 0,85$$

Дійсна точка кінця стискання

$$h_{2д} = 412 \text{ кДж/кг}$$

Індикаторна потужність:

$$N_i = 54,23 \text{ кВт}$$

Потужність тертя:

$$N_{\text{тр}} = 2,84 \text{ кВт}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективна потужність:

$$N_e = 57.07 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна:

$$N_{дв} = 62.6 \text{ кВт}$$

Встановлені на компресор двигуни мають потужність

$$P_{км} = 48 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність електродвигунів компресорів

$$\Sigma P_{км} = 48 * 2 = 96 \text{ кВт}$$

отже двигуни підібрані вірно.

Дійсне навантаження на конденсатор

$$Q_{кд} = 316 \text{ кВт}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ

### Підбір конденсатора

Обидва компресори працюють на 1 конденсатор паралельно, отже навантаження на конденсатор

$$Q_{Кд} = 442 + 316 = 758 \text{ кВт}$$

Середньо логарифмічний температурний напір

$$\Theta_m = \frac{t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}\right)} = \frac{38 - 30}{\ln\left(\frac{42-30}{42-38}\right)} = 6,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі (Guntner Product Calculator Customer технологія microX<sup>R</sup>)

$$k = 103 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{Кд}}{k * \Theta_m} = \frac{758}{0,103 * 6,5} = 1132 \text{ м}^2$$

Визначаємо необхідну продуктивність вентилятора.

Масова витрата повітря через конденсатор

$$G_m = \frac{Q_{Кд}}{i_2 - i_1} = \frac{758}{76 - 67} = 84 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Де  $i_2 i_1$  відповідно ентальпія повітря на виході та на вході в конденсатор кДж/кг\*К .

Об'ємна витрата повітря:

$$G_v = \frac{G_m}{\rho} = \frac{84}{1,15} = 73 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 262800 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Солодкий І.Ю.</i>			Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		<i>Іващенко Н.В.</i>						
Реценз.						НУХТ, ХМ-4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		<i>Василенко С.М.</i>						

Де  $\rho$ - густина повітря при 31°C.

Для підбору конденсатора скористаємося програмою підбору обладнання фірми Guntner – «Guntner Product Calculator Customer»

Вводимо вихідні дані та проводимо перевірку на відповідність обладнання.

Обираємо двопоточний конденсатор оскільки навантаження на систему охолодження льодяної води не щоденне.

Звіряємо відповідність площі теплообміну та об'ємної витрати повітря.

Обираємо конденсатор GVH 071V.2A/Ах3-MD.E

Об'ємна витрата повітря $G_v \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	274000
Температура конденсації °С	41,6
Площа поверхні $F, \text{м}^2$	1256
К-ть вентиляторів	10
Потужність вентиляторів кВт	3
Довжина x ширина x висота	10000x2291x1460

Умови виконуються

### **Підбір випарника для охолодження пропіленгліколю**

навантаження на випарник

$$Q_{\text{К д}} = 168 \text{ кВт}$$

Середньо логарифмічний температурний напір

$$\Theta_{\text{м}} = \bar{t}_{\text{р}} - t_0 = 6,5 \text{ °С}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі (табл. 11.6 Б.К. Явнель)

$$k = 1100 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{-15}}{k * \Theta_{\text{м}}} = \frac{168}{1,1 * 6,5} = 23,5 \text{ м}^2, \text{ округлюємо до } 24$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

Об'ємна витрата пропіленгліколю через випарник:

$$G_m = \frac{Q_{-15}}{c_p * \rho_p * (t_{p2} - t_{p1})} = \frac{168}{3,7 * 1060 * (-8 + 11)} = 0,0143 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \text{округлюємо до } 0,015$$

Де  $c_p = 3,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * \text{К}}$  теплоємність пропіленгліколю при температурі  $-10^\circ\text{C}$

$\rho_p = 1060 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  густина – при температурі  $-10^\circ\text{C}$

Приймаємо випарник ИТР 25 площа теплообміну  $25\text{м}^2$ , всі інші технічні характеристики будуть наведені нижче.

**Підбір випарника для охолодження льодяної води** виконуємо аналогічно.

Навантаження на випарник:

$$Q_{-4} = 132 \text{ кВт}$$

Середньо логарифмічний температурний напір:

$$\Theta_m = \frac{t_{B1} - t_{B2}}{\ln\left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}\right)} = \frac{14 - 2}{\ln\left(\frac{14 - (-4)}{2 - (-4)}\right)} = 11^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі (табл. 11.6 Б.К. Явнель)

Оскільки холодоносієм слугує вода збільшуємо коефіцієнт теплопередачі на 20%, отже:

$$k = 1,2 * 1100 * 10^{-3} = 1,32 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{-4}}{k * \Theta_m} = \frac{132}{1,32 * 11} = 9,1 \text{ м}^2, \text{округлюємо до } 10$$

Об'ємна витрата води через випарник:

$$G_m = 0,011 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Приймаємо випарник ИТР12 площа теплообміну  $12 \text{ м}^2$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

### Характеристики випарників

Марка	Площа поверхні м <sup>2</sup>	Розміри кожуха DxL, мм	К-ть труб	К-ть ходів	Маса, кг
ИТР-12	12	325x1415	70	6	300
ИТР-25	25	400x1400	118	6	-

### Підбір повітроохолодників

Розрахунок ведеться аналогічно як при підборі випарників.

#### Підбір повітроохолодника в приміщення ЦКТ

Температура в камері  $t_{\text{кам}} = +3^{\circ}\text{C}$

$Q_{\text{цкт}} = 24.66 \approx 25$  кВт (округлюємо до більшого цілого)

З попередньо виконаного планування видно що доцільно встановити три однакові повітроохолодники. Отже:

$$Q_{\text{по}} = \frac{Q_{\text{цкт}}}{3} = 8.2 \text{ кВт}$$

Проводимо розрахунок для одного, інші два приймаємо ідентичними.

Оскільки в камері нічого не зберігається приймаємо, що повітря охолоджується на  $5^{\circ}\text{C}$

Середньо логарифмічний температурний напір:

$$\Theta_{\text{м}} = \frac{t_{\text{п1}} - t_{\text{п2}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = \frac{5 - 1}{\ln\left(\frac{5 - (-11)}{1 - (-8)}\right)} = 7^{\circ}\text{C}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі беремо по Б.К. Явнель стор 92.

$$k = 15,2 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{\text{по}}}{k * \Theta_{\text{м}}} = \frac{8.2}{0,0152 * 7} = 77.1 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря через повітроохолодник:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{по}}}{\rho_{\text{вз}} * (h_1 - h_2)} = \frac{8.2}{1.34 * (16 - 10)} = 1.01 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 3636 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

Для підбору повітроохолодника скористаємося програмою підбору обладнання фірми Guntner – «Guntner Product Calculator Customer»

Вводимо вихідні дані та проводимо перевірку на відповідність обладнання.

Звіряємо відповідність площі теплообміну та об'ємної витрати повітря.

Обираємо повітроохолодник GGHN 050.2H/17-ANW50/30P.E

Площа поверхні теплообміну  $79.1 \text{ м}^2$  витрата повітря  $6420 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

Умови виконуються, характеристика повітроохолодника буде наведена нижче.

Повітроохолодники в усіх інших камерах розраховуємо аналогічно.

#### *Форфасне відділення*

Температура в камері  $t_{\text{кам}} = +5^\circ\text{C}$

$Q_{\text{фр}} = 28.58 \approx 29 \text{ кВт}$  (округлюємо до більшого цілого)

Підбираємо один стельовий повітроохолодник на західній стіні.

Оскільки в камері нічого не зберігається приймаємо що повітря охолоджується на  $5^\circ\text{C}$

Середньо логарифмічний температурний напір:

$$\Theta_{\text{м}} = \frac{t_{\text{п1}} - t_{\text{п2}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = \frac{8 - 3}{\ln\left(\frac{8 - (-11)}{3 - (-8)}\right)} = 9^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі беремо по Б.К. Явнель стор 92.

$$k = 15,2 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{\text{фр}}}{k * \Theta_{\text{м}}} = \frac{29}{0,0152 * 9} = 212 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря через повітроохолодник:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{фр}}}{\rho_{\text{вз}} * (h_1 - h_2)} = \frac{29}{1.34 * (20 - 12)} = 2,71 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 9756 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

Для підбору повітроохолодника скористаємося програмою підбору обладнання фірми Guntner – «Guntner Product Calculator Customer»

Вводимо вихідні дані та проводимо перевірку на відповідність обладнання.

Звіряємо відповідність площі теплообміну та об'ємної витрати повітря.

Обираємо повітроохолодник GGHN 080.2H/17-AND50/8P.E

Площа поверхні теплообміну 217,1 м<sup>2</sup> витрата повітря 17210  $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

Умови виконуються, характеристика повітроохолодника буде наведена нижче.

*Камери зберігання 3 та 5*

Температура в камері  $t_{\text{кам}} = +6^\circ\text{C}$

Підбираємо по одному однаковому повітроохолоднику

$$Q_{\text{збер}} = 38.24 \approx 39 \text{ кВт (округлюємо до більшого цілого)}$$

Підбираємо один стельовий повітроохолодник на західній стіні.

Оскільки в камері нічого не зберігається приймаємо що повітря охолоджується на 5 °C

Середньо логарифмічний температурний напір:

$$\Theta_{\text{м}} = \frac{t_{\text{п1}} - t_{\text{п2}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = \frac{8 - 3}{\ln\left(\frac{8 - (-11)}{3 - (-8)}\right)} = 9^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі беремо по Б.К. Явнель стор 92.

$$k = 15,2 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{\text{збер}}}{k * \Theta_{\text{м}}} = \frac{39}{0,0152 * 9} = 285,1 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря через повітроохолодник:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{збер}}}{\rho_{\text{вз}} * (h_1 - h_2)} = \frac{39}{1.34 * (20 - 12)} = 3,64 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 13104 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

Для підбору повітроохолодника скористаємося програмою підбору обладнання фірми Guntner – «Guntner Product Calculator Customer»

Вводимо вихідні дані та проводимо перевірку на відповідність обладнання.

Звіряємо відповідність площі теплообміну та об'ємної витрати повітря.

Обираємо повітроохолодник GGHN 050.2H/47-ANS50/10P.E

Площа поверхні теплообміну  $316.3 \text{ м}^2$  витрата повітря  $25680 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

Умови виконуються, характеристика повітроохолодника буде наведена нижче.

### Експедиція

Температура в камері  $t_{\text{кам}} = +12^\circ\text{C}$

Підбираємо один повітроохолодник

$$Q_{\text{екс}} = 19,76 = 20 \text{ кВт}$$

Підбираємо один стельовий повітроохолодник на західній стіні.

Оскільки в камері нічого не зберігається приймаємо що повітря охолоджується на  $5^\circ\text{C}$

Середньо логарифмічний температурний напір

$$\Theta_{\text{м}} = \frac{t_{\text{п1}} - t_{\text{п2}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = \frac{14 - 8}{\ln\left(\frac{14 - (-11)}{8 - (-8)}\right)} = 9^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнта теплопередачі беремо по Б.К. Явнель стор 92.

$$k = 15,2 * 10^{-3} \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F = \frac{Q_{\text{екс}}}{k * \Theta_{\text{м}}} = \frac{20}{0,0152 * 13} = 101,2 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря через повітроохолодник:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{екс}}}{\rho_{\text{вз}} * (h_1 - h_2)} = \frac{20}{1.34 * (16 - 10)} = 2,49 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 8964 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підбору повітроохолодника скористаємося програмою підбору обладнання фірми Guntner – «Guntner Product Calculator Customer»

Вводимо вихідні дані та проводимо перевірку на відповідність обладнання.

Звіряємо відповідність площі теплообміну та об'ємної витрати повітря.

Обираємо повітроохолодник GGHN 050.2H/210-ANS50/14P.E

Площа поверхні теплообміну 114.1м<sup>2</sup> витрата повітря 13240<sup>м<sup>3</sup></sup>/<sub>год</sub>

Умови виконуються, характеристика повітроохолодника буде наведена нижче.

#### Характеристики повітроохолодників

Марка	GGHN 040.2F/14- ANW50/30P.E	GGHN 080.2H/17..	GGHN 050.2H/212	GGHN 050.2H/212	GGHN 040.2D/14
Камера	ЦКТ №1	Форфсне №2	Зберігання №3	Зберігання №5	Експедиція №4
К-ть в камері	3	1	1	1	1
t °Св камері	+3	+5	+6	+6	+12
Площа поверхні м <sup>2</sup>	79.1	217,1	316,3	316,3	114,1
Витрата м <sup>3</sup> /год	6420	17210	25680	25680	13240
К-ть вентиляторів	1	1	4	4	2
Р,кВт вентиляторів	0.49	1,03	0,49	0,49	0,49
Швидкість об/хв	1410	890	1410	1410	1410
Ціна Eur	4378	7099	10435	10435	5488

## 8. РОЗРАХУНОК ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.

### Підбір лінійного ресивера.

Лінійний ресивер установлюється на стороні високого тиску після конденсатора. Він звільнює від рідкого холодильного агенту поверхню конденсатора та створює рівномірний потік фреону до регулюючого вентиля.

Для систем з проміжним теплоносієм об'єм ресивера повинен бути рівним об'єму холодильного агенту у випарнику.

Отже підбираємо ресивер для установки з проміжним теплоносієм.

З наведених раніше характеристик випарника ИТР25 визначаємо його об'єм по холодильному агенту  $V_B = 0,135 \text{ м}^3$

Підбираємо вертикальний ресивер FS1602 фірми Bitzer об'ємом  $V=0,178 \text{ м}^3$

Технічні характеристики ресивера наведені будуть нижче.

*Підбираємо ресивер для установки охолодження льодяної води.*

Розрахунки проводимо аналогічно.

$$V_B = 0,068 \text{ м}^3$$

Підбираємо вертикальний ресивер FS732 фірми Bitzer об'ємом  $V=0,073 \text{ м}^3$

### Підбір мастиловіддільника

Мастиловіддільник підбирається по діаметру нагнітального трубопроводу. Встановлюємо загальні масловіддільники на обидві установки.

*Установка для охолодження пропіленгліколю*

Встановлюємо мастиловіддільник фірми Alco Controls OSH-413 1 5/8"

Об'єм 5,6 літрів.

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

*Установка для охолодження льодяної води*

Встановлюємо мастиловіддільник фірми AlcoControls OSH-409 1 1/8”

Об’єм 5 літрів.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРІВ ТРУБОПРОВОДІВ.

Діаметри трубопроводів розраховуємо задаючись допустимими швидкостями холодильного агента на різних ділянках системи. Витрата фреону в обох установках відома з попередніх розділів. Отже діаметр трубопроводу :

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{G_{\text{ха}} * 4}{\omega_{\text{доп}} * \pi}}$$

$G_{\text{ха}}$  – об'ємна витрата х. а

$\omega_{\text{доп}}$  – допустима швидкість х. а. на певних ділянках

Для всмоктувального трубопроводу  $\omega_{\text{доп}}=8\text{—}12$  м/с, оскільки діаметри можна обирати лише з стандартних розмірів. Треба провести перевірку щоб швидкість була не меншою 6м/с (можливість повернення мастила до компресора)

Нагнітальний трубопровід  $\omega_{\text{доп}}=10$  м/с

Рідина лінія (злив з конденсатора до ресивера)  $\omega_{\text{доп}}=1$ м/с

### ***Розраховуємо діаметри трубопроводів***

*Установка для охолодження пропіленгліколю*

Всмоктувальний трубопровід:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{G_{\text{ха}} * 4}{\omega_{\text{доп}} * \pi}} = \sqrt{\frac{M_{\text{км}} * 4}{\rho * \pi * \omega_{\text{доп}}}} = \sqrt{\frac{1,77 * 4}{17 * 10 * 3,14}} = 0,115\text{м}$$

Приймаємо трубопровід мідний діаметром  $d_{\text{в}} = 120 \times 2$  мм

Проводимо перевірку швидкості в трубопроводі

					<b>00.БКР.142.004.020.ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Солодкий І.Ю.				Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лит.	Лист	Листів
Перевір.	Іващенко Н.В.							
Реценз.						<b>НУХТ, ХМ-4-12ск</b>		
Н. Контр.								
Затверд.	Василенко С.М.							



## 10. ПІДБІР НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Підбираємо насос для пропіленгліколевої системи - К45/30а подача  $G=0,01 \text{ м}^3/\text{с}$ , кількість обертів  $n=2900 \text{ об/хв.}$ , напір  $H=22 \text{ м.}$  з використанням дроселя на стороні нагнітання (ККД  $\eta=70\%$ , потужність ел.двигуна  $N=5,5 \text{ кВт}$ ).

*Насос для льодяної води*

К8/186 напір  $H=10,2 \text{ м.}$  з використанням дроселя на стороні нагнітання. Подача  $G=3 \text{ л/с}$ , кількість обертів  $n=2900 \text{ об/хв}$  ККД  $\eta=46\%$ , потужність ел.двигуна  $N=1,5 \text{ кВт}$

Необхідна потужність електродвигуна насоса.

$$N = \frac{V \cdot H}{\eta \cdot 1000}$$

Де -  $H$  - повний напір що створює насос, Па;  $V$  - об'ємна витрата  $\text{м}^3/\text{с}$

Насос для пропіленгліколевої системи

$$N = \frac{V \cdot H}{\eta \cdot 1000} = \frac{0,02 \cdot 457538}{0,7 \cdot 1000} = 6,6 \text{ кВт}$$

Насос для системи охолодження льодяної води:  $N = 1 \text{ кВт}$

Встановлені на насосах електродвигуни мають прийнятну потужність.

					<b>00.БКР.142.004.020.ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Солодкий І.Ю.			Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лит.	Лист	Листів
Перевір.		Іващенко Н.В.						
Реценз.						<b>НУХТ, ХМ-4-12ск</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Василенко С.М.						

## 11. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Основним техніко-економічним показником виробництва є собівартість одиниці холоду.

### Визначення кількості виробленого холоду:

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

$K_{\text{п}}$  – перевідний коефіцієнт, що враховує нерівноцінність витрат на виробництво холоду при різних температурах кипіння (для  $-15^{\circ}\text{C}$  становить 0,94; для  $-4^{\circ}\text{C}$  – 0,58); (Свердлов, Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок)

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

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

$k$  – коефіцієнт, що враховує втрати у трубопроводах; (втрати у трубопроводах враховані раніше )

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

Для температури  $-15^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_{\text{роб}} = \frac{84 \cdot 19440}{4,187} = 390,007 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{\text{роб}} = \frac{68 \cdot 19440}{4,187} = 315,720 \text{ кВт}$$

$$Q = 390007 \cdot 0,94 + 315720 \cdot 0,58 = 549724 \text{ кВт}$$

### Визначення витрат на електроенергію:

Розраховують витрати на електроенергію для приводу компресорів, насосів та вентиляторів. Маємо двигуни 5 компресорів, що споживають разом 100.3 кВт; 1 насос для гліколю з двигунами потужністю 3.5 кВт;

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Солодкий І.Ю.				Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів	Лит.	Лист	Листів
Перевір.	Іващенко Н.В.							
Реценз.						<b>НУХТ, ХМ-4-12ск</b>		
Н. Контр.								
Затверд.	Василенко С.М.							

Насос льодяної води 0,5 кВт, конденсатор має 6 вентиляторів по 1,65 кВт.  
 $\Sigma = 6 * 1,65 = 10$  кВт; 10 вентиляторів на повітроохолодниках потужність 0,23 кВт  $\Sigma = 2,3$  кВт Час роботи  $n$  у годинах: компресори – 5400; вентилятори – 3000; водяні насоси – 3000.

Річне споживання електроенергії становитиме:

$$W = \Sigma 0,7 \cdot N \cdot n = 379134 + 34230 = 413364 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість 1 кВт · год електроенергії складає 0,95 грн, отже витрати на електроенергію становитимуть 392696 грн за рік.

### Визначення витрат на гліколь:

Приймаємо, що об'єм підживлення гліколевої системи становить 1% від загальної кількості гліколю. Отже, кількість гліколю становитиме  $0,02 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$ .

Вартість 1 м<sup>3</sup> гліколю складає 12600 грн, отже витрати на воду становитимуть 252 грн за рік.

### Визначення витрат на поповнення системи холодильним агентом:

Норма витрати фреону на поповнення системи на 1 кВт холодопродуктивності при безпосередньому охолодженні за рік складає 0,1 кг. За сумарної холодопродуктивності 162 кВт витрата фреону складатиме 16,2 кг.

Вартість 1 кг фреону складає 190 грн, отже витрати на поповнення системи холодильним агентом становитимуть 3078 грн за рік.

### Визначення витрат на мастило:

Винос мастила для поршневих компресорів складає  $0,01 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ . Маємо 5 поршневих компресорів по 6 циліндрів.

За рік винос мастила складатиме з поршневих компресорів 75 кг.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість 1 кг мастила складає 140 грн, отже витрати на поповнення системи мастилом становитимуть 10500 грн за рік.

### **Визначення витрат на заробітну платню:**

За нормативами приймаємо таку кількість працюючих: начальник цеху, 1 механік, 4 машиніста та 1 слюсар.

Фонд основної заробітної платні апарату управління та виробничого персоналу:

№	Посада	Розряд	Тарифна ставка, грн	Чисельність, чол.	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Інженер-механік	–	18000	1	18000	216000
2	Машиніст	IV	12500	3	37500	450000
3	Слюсар	–	9500	1	9500	114000
4	Електро-слюсар		9500	1	9500	114000
<b>Разом</b>				<b>6</b>	<b>74500</b>	<b>894000</b>

Отже, фонд оплати праці становитиме 894000 грн за рік.

Додатковий фонд заробітної платні приймається як 8% від основного (71520 грн).

Нарахування на заробітну платню приймають у розмірі 37,18% від основної та додаткової (332389,2грн).

Загальні витрати на оплату праці будуть дорівнювати сумі основного, допоміжного фондів та нарахувань ( 1 297 909,2грн).

### **Визначення амортизаційних відрахувань:**

Для учбового проекту холодильника вартість будівлі з обладнанням визначається за величиною капітальних витрат на 1 т місткості (3500 грн).

Загальна вартість будівлі з обладнанням холодильника на 5000 т складатиме 17.5млн грн.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.004.020.ПЗ				

Розподіл вартості між обладнанням та будівлею орієнтовно приймаємо як 1/3,5. Отже, вартість обладнання становитиме 4 млн.грн, а вартість будівлі становитиме 10 млн грн.

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

Отже, витрати на амортизацію для будівель складатимуть 776000 грн, для обладнання – 877200 грн, загальна сума амортизаційних витрат – 1653200 грн.

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

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

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо у розмірі 20% від амортизаційних витрат на обладнання: 330640 грн.

Пускові витрати приймаємо у розмірі 2% від вартості обладнання: 33064 грн.

Інші витрати приймаємо у розмірі 3% від загальної суми амортизаційних витрат: 49596 грн.

Загальна сума інших витрат складає 413300 грн.

**Сумарні витрати: 2066500грн:**

**Сума на одиницю холоду : 5.7 грн/кВт**

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 12.Охорона праці

### Вступ

Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік проєктовано у м. Фастів. Фреонова холодильна установка працює 18 годин на добу, її робота являється джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Впровадження сучасного холодильного обладнання із високим рівнем автоматизації дозволить зменшити рівень впливу шкідливих та небезпечних факторів на людину, підвищити степінь безпеки його експлуатації й обслуговування, та таким чином покращити умови праці обслуговуючого персоналу. Кімната механіка, пункт управління та контролю компресорного цеху розташовані в приміщенні машинного відділення.

При розробці проєкту були враховані основні вимоги нормативно технічної документації в галузі, а також діючі стандарти безпеки праці та інші нормативні документи[11].

### Задачі охорони праці та її структура (Основні розділи дисципліни «Основи охорони праці»)

Охорона праці водночас вирішує два завдання. Одне з них – інженерно-технічне – передбачає запобігання небезпечним подіям під час трудового процесу шляхом: - заміни небезпечних матеріалів менш небезпечними, - переходу на нові технології, які зменшують ризик травмування і захворювання, - проєктування і конструювання устаткування з урахуванням вимог безпеки праці, - розробки засобів індивідуального та колективного захисту. Друге – соціальне – пов'язане з відшкодуванням матеріальної, моральної чи соціальної шкоди, завданої внаслідок нещасного випадку або професійного захворювання, тобто це

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Солодкий І.Ю.</i>			<i>Проект холодильної установки пивзаводу продуктивністю 750000 дал/рік у м. Фастів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

захист працівника та його прав. Виходячи з поставлених перед нею завдань, охорона праці, ґрунтуючись на правових та організаційних основах, вирішує питання виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки. Правові та організаційні основи охорони праці – це комплекс взаємопов’язаних законів та інших нормативно-правових актів, соціальноекономічних та організаційних заходів, спрямованих на правильну і безпечну організацію праці, забезпечення працюючих засобами захисту, компенсацію за важку роботу та роботу в шкідливих умовах, навченість працівників б безпечному веденню робіт, регламентацію відповідальності та відшкодування збитків у разі ушкодження здоров’я працівника або його смерті. Виробнича санітарія – комплекс організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів та засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих шкідливих виробничих факторів. Виробнича безпека – комплекс організаційних та технічних заходів і засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих небезпечних виробничих факторів. Пожежна безпека та профілактика на виробництві – комплекс заходів та засобів, спрямованих на запобігання запалювань, пожеж та вибухів у виробничому середовищі, а також на зменшення негативної дії небезпечних та шкідливих факторів, які утворюються в разі їх виникнення.

### **Основні поняття в галузі охорони праці, терміни та визначення**

Людська праця – це джерело розвитку суспільства, створення матеріальних, культурних і духовних цінностей, передумова існування як кожної окремої людини, так і людства в цілому. У процесі трудової діяльності розвиваються здібності людини, мислення, чуттєве сприйняття світу. З точки зору фізіології будь-яка трудова діяльність – це витрати фізичної і розумової енергії людини, але ці витрати необхідні і корисні для неї. Виконуючи трудові обов’язки, людина працює не лише заради свого блага, а задля блага суспільства в цілому. З економічної точки зору трудова діяльність повинна забезпечувати максимально можливий рівень

					<i>00.БКР.142.004.020.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивності, тому одним із завдань суспільства є забезпечення таких умов її, коли вона не буде спричиняти негативного впливу на здоров'я працюючих, не буде завдавати шкоди оточуючим людям та довкіллю. В ідеалі трудова діяльність повинна надавати людині задоволення і не бути надмірно важкою чи напруженою. Важкість та напруженість праці є одними з головних характеристик трудового процесу. Важкість праці – це така характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму (серцево-судинну, дихальну та ін.), які забезпечують його діяльність. Важкість праці характеризується фізичним (динамічним і статичним) навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальним числом стереотипних робочих рухів, робочою позою, ступенем нахилу корпусу, переміщенням в просторі. Напруженість праці – характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника. До факторів, що характеризують напруженість праці, відносяться: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи. 8 Під час виконання людиною трудових обов'язків на неї діє сукупність фізичних, хімічних, біологічних та соціальних чинників, що зветься виробничим середовищем. Виробниче середовище забезпечує життєдіяльність під час виконання трудових обов'язків, в тому числі і працездатність, але при певних обставинах, чинники цього середовища можуть являти небезпеку і спричиняти шкоду людині. Будь-які реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деякої небезпеки для працюючого, що полягає у можливості захворювання, отримання травми чи іншого ушкодження організму. Сукупність чинників трудового процесу і виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків складають умови праці. Люди, знаряддя праці, оточуюче середовище та завдання, що вирішуються в процесі трудової діяльності, являють собою динамічну систему, зміна в якій будь-

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



виробнича травма є наслідком нещасного випадку на виробництві. Нещасний випадок на виробництві – це обмежена в часі подія або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров'ю або настала смерть. Один і той же чинник може викликати травму і захворювання (наприклад, високий рівень іонізуючого або теплового випромінювання може викликати опік або навіть призвести до миттєвої смерті, а довготривала дія порівняно невисокого рівня цих же факторів – до хвороби; пилінка, що потрапила в око, спричиняє травму, а пил, що осідає в легенях, – захворювання, що зветься пневмоконіоз). Через це всі несприятливі виробничі чинники часто розглядаються як єдине поняття – небезпечний та шкідливий виробничий фактор (НШВФ). За своїм походженням та природою дії НШВФ ділять на 5 груп: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні та соціальні\*. До фізичних НШВФ відносяться машини та механізми або їх елементи, а також вироби, матеріали, заготовки тощо, які рухаються або обертаються; конструкції, які руйнуються; системи, устаткування або елементи обладнання, які знаходяться під підвищеним тиском; підвищена запиленість та загазованість повітря; підвищена або понижена температура повітря, поверхонь приміщення, обладнання, матеріалів; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку, інфразвуку; підвищений або понижений барометричний тиск та його різкі коливання; підвищена та понижена вологість; підвищена швидкість руху та підвищена іонізація повітря; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; підвищене значення напруги в електричній мережі; підвищені рівні статичної електрики, електромагнітних випромінювань; підвищена напруженість електричного, магнітного полів; відсутність або нестача світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; понижена контрастність; прямий та віддзеркалений блиск; підвищена пульсація світлового потоку; підвищені рівні ультрафіолетової та інфрачервоної радіації; гострі кромки, задирки, шершавість на поверхні заготовок, інструментів та обладнання;

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги); слизька підлога; невагомість. До хімічних НШВФ відносяться хімічні речовини, які по характеру дії на організм людини поділяються на токсичні, задушливі, наркотичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію. По шляхам проникнення в організм людини вони поділяються на такі, що потрапляють через: 1) органи дихання; 2) шлунково-кишковий тракт; 3) шкіряні покриви та слизисті оболонки. До біологічних НШВФ відносяться патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки, найпростіші) та продукти їхньої життєдіяльності, а також макроорганізми (тварини та рослини). 10 До психофізіологічних НШВФ відносяться фізичні (статичні та динамічні) перевантаження і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження). Соціальні НШВФ – це неякісна організація роботи, понаднормова робота, необхідність роботи в колективі з поганими відносинами між його членами, соціальна ізоляція з відривом від сім'ї, зміна біоритмів, незадоволеність роботою, фізична та/або словесна образа та її ризик, насильство та його ризик. Один і той же НШВФ за природою своєї дії може належати водночас до різних груп. Однією з причин появи НШВФ є небезпечні речовини. Небезпечна речовина – це хімічна, токсична, вибухова, окислювальна, горюча речовина, біологічні агенти та речовини біологічного походження (біохімічні, мікробіологічні, біотехнологічні препарати, патогенні для людей і тварин мікроорганізми тощо), які становлять небезпеку для життя і здоров'я людей та довкілля, сукупність властивостей речовин і/або особливостей їх стану, внаслідок яких за певних обставин може створитися загроза життю і здоров'ю людей, довкіллю, матеріальним та культурним цінностям. Такий стан умов праці, при яких виключена або зведена до припустимого рівня дія на працюючого небезпечних та шкідливих виробничих факторів зветься безпекою праці. Виходячи з того, що в житті, а тим більше у виробничому процесі, абсолютної безпеки не існує, нерозумно

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

було б вимагати від реального виробництва повного викорінення травматизму, виключення можливості будьякого захворювання. Але реальним і розумним є ставити питання про зведення до мінімуму впливу об'єктивно існуючих виробничих небезпек. Цю задачу вирішує охорона праці, яка, як було сказано, є системою правових, соціальноекономічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувальнопрофілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. 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).
2. Н.Д. Кочетков. Холодильная техника. – “Машиностроение”, Москва, 1966.
3. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 1-е изд. – М.: Агропромиздат, 1972. – 348 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).
4. Б.П. Якшаров, И.В. Смирнова. Справ очник механіка по холодильнім 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.
7. Лебедев, Юренев. Теплофизический справочник.
8. И.Г. Чумак, Д.Г. Никульшина. Холодильные установки. – Проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – К.: Выща шк.. Головное изд-во, 1988. – 280 с., 97 ил. – Библиогр.: 44 назв.
9. Масліков М.М. ”Холодильна технологія харчових продуктів”
10. Б.П. Якшаров, И.В. Смирнова. Справ очник механіка по холодильнім установкам. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. 1989

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском: ДНАОП. – К.: Преса України, 1995. – 189с.
12. НАОП 2.2.00-1.10.88. Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок.

					00.БКР.142.004.020.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		