

на тему: Проект спеціалізовано холодильника для зберігання томатів місткістю 350 т. у м. Арциз

Здобувача	<u>Загородничок Я.В.</u>
<u>2</u> курсу	<u>ЕН-141</u> групи
Керівник	<u>к.т.н., доц. Трандафілов В.В.</u>
Консультанти:	<u>д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.</u>

Рішення кафедри від 01.06.2023р. протокол № 10
Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«17» березня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Загородничок Ярослав Володимирович

1. Тема роботи Проект спеціалізовано холодильника для
зберігання томатів місткістю 350 т. у м. Арциз

Затверджена наказом ОНТУ від 26.08.2022 р. наказ № 490-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи

Спеціалізований холодильник місткістю 350 т. у м. Арциз. Будівля холодильника
одноповерхова з висотою камер 6 м, з сіткою колон 6x12 м. У 3-х камерах
передбачається тривале зберігання томатів з температурним режимом при 5°C.
В якості холодильного агента передбачається R404a. Теплообмінні апарати
фірми Alfa-Laval.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Реферат, Вступ, 1. Техніко-економічне обґрунтування проекту,

2. Об'ємно-планувальне рішення, 3. Визначення товщини теплоізоляції

огорожувальних конструкцій, 4. Розрахунок теплоприпливів через огороження,

5. Тепловий розрахунок компресорів, 6. Розрахунок повітроохолоджувача,

7. Розрахунок повітряного конденсатора, 8. Розрахунок діаметрів трубопроводів,

9. Техніко-економічні показники проекту, 10. Охорона праці, 11. Цивільний захист

12. Список використаних джерел, 13. Специфікація

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. План холодильника, 2. Розрізи А-А, Б-Б, 3. Розводка трубопроводів по камерах,

4. Повітроохолоджувач

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	17.05.2023	22.05.2023

7. Дата видачі завдання 17.03.2023 р.

Керівник Трандафілов В.В.

Завдання прийняв до виконання Загородничок Я.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	30.05-01.06.2023	
2	Вступ	17.03-20.03.2023	
3	Техніко-економічне обґрунтування роботи	20.04-25.04.2023	
4	Об'ємно-планувальне рішення	26.04-30.04.2023	
5	Визначення товщини теплоізоляції огорожувальних конструкцій	01.05-04.05.2023	
6	Розрахунок теплоприпливів через огороження	05.05-10.05.2023	
7	Тепловий розрахунок компресорів	12.05-15.05.2023	
8	Розрахунок повітроохолоджувача	16.05-17.05.2023	
9	Розрахунок повітряного конденсатора	20.05-23.05.2023	
10	Розрахунок діаметрів трубопроводів	20.05-23.05.2023	
11	Техніко-економічні показники проекту,	23.05-25.05.2023	
12	Охорона праці	17.05-22.05.2023	
13	Цивільний захист	23.05-25.05.2023	
14	Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи	27.05-01.06.2023	

Здобувач-дипломник Загородничок Я.В.

Керівник роботи Трандафілов В.В.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Загородничок Ярослав Володимирович

Зміст

Реферат	5
Вступ	6
1. Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	8
2. Об'ємно-планувальне рішення.....	10
3. Визначення товщини теплоізоляції огорожувальних конструкцій.....	12
4. Розрахунок теплоприпливів через огороження.....	14
5. Тепловий розрахунок компресорів.....	23
6. Розрахунок повітроохолоджувача.....	25
7. Розрахунок повітряного конденсатора.....	36
8. Розрахунок діаметрів трубопроводів.....	43
9. Техніко-економічні показники проекту	44
10. Охорона праці	54
11. Цивільний захист	70
12. Список використаних джерел	80
13. Специфікація.....	81

					КРБ.ХУКП.1.490-03.2.3								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розраб.		Загородничок Я.В.			Проект спеціалізовано холодильника для зберігання томатів місткістю 350 т. у м. Арциз				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Трандафілов В.В									4	81	
Реценз.									ОНТУ гр. ЕН-141				
Н. Контр.		Трандафілов В.В											
Затверд.													

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 81 сторінок друкованого тексту, 14 рисунків, 19 таблиць, 13 посилань на літературні джерела. В кваліфікаційній роботі вирішено задачу розробки спеціалізовано холодильника для зберігання томатів місткістю 350 т. у м. Арциз.

Будівля холодильника одноповерхова з висотою камер 6 м, з сіткою колон 6x12 м. У 3-х камерах передбачається тривале зберігання томатів з температурним режимом при 5°C.

В якості холодильного агента було прийнято R404a. Система холодопостачання спроектованого холодильника – централізована. Для забезпечення стійкої роботи холодильника були підібрані компресорно-конденсаторні агрегати фірми Bitzer, теплообмінні апарати фірми Alfa-Laval.

Ключові слова: холодильник спеціального призначення – холодильна установка – томати – компресорно-конденсаторний агрегат

ABSTRACT

The qualification work consists of: 81 pages of printed text, 14 figures, 19 tables, 13 references to literary sources. In the qualification work, the task of developing a specialized refrigerator for storing tomatoes with a capacity of 350 tons in the city of Artsyz was solved.

The refrigerator building is one-story with a height of 6 m chambers, with a grid of 6x12 m columns. Long-term storage of tomatoes at a temperature of 5°C is provided in 3 chambers.

R404a was used as a refrigerant. The cooling system of the designed refrigerator is centralized. To ensure stable operation of the refrigerator, Bitzer compressor-condenser units and Alfa-Laval heat exchangers were selected.

Keywords: special purpose refrigerator – refrigeration plant – tomatoes – compressor-condenser unit

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Холодильне господарство в Україні перебуває у вкрай запущеному стані. Тому що більшість холодильних камер працюють не один десяток років, використовується морально й фізично застаріле й сильно зношене встаткування. Це приводить до частих аварій, недотриманню температурно-вологого режиму й в остаточному підсумку до псування значної частини продукції. Крім того, навіть існуючої ємності сховищ недостатньо для потреб с/г.

У даний момент накопичений значний досвід по зберіганню плодоовочевої продукції. У результаті широкого розвитку комплексних науково-дослідних робіт у даній області, а так само досягнень в області холодильного машинобудування й розвиток засобів автоматизації, з'явилася можливість проектувати сучасні системи холодильного зберігання. Тому що холодильне зберігання є енергоємним виробництвом, приділяється велика увага енергозберігаючим технологіям і методам підвищення ефективності холодильних систем. При цьому в умовах ринкової економіки економічно вигідно стає саме будівництво нових холодильників ємністю до 1000т., використовуваних у якості заготівельних і розподільних з можливістю зберігання різних видів і сортів плодової продукції. Тому що переустаткування старих камер найчастіше вимагає не менших капіталовкладень і не дозволяє впровадити всі технічно нововведення.

Слід зазначити, що кінцевий результат може бути отриманий тільки при добре налагодженому холодильному ланцюзі. Тому при будівництві холодильника необхідно враховувати цілий ряд факторів. Остаточне рішення потрібно приймати тільки після ретельного техніко-економічного аналізу. 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 піднесеному ґратчастій підлозі висотою 2-3 м. Через кожні 3-5 м роблять проходи шириною до 1,0 м для огляду продукції.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для торгівлі всередині ЄС томати мають відповідати Європейському стандарту №2. Також існує багато інших регіональних норм, наприклад, Американські критерії класифікування, але вони не дійсні при міжнародній торгівлі. У країнах СНД стандарти різних років передбачали різні вимоги щодо умов зберігання томатів, залежно від ступеня стиглості.

Найчастіше свіжі зелені помідори зберігають 3-4 тижні за температури +11..+13°C, стиглі при температурах близько +1°C терміном до місяця, залежно від сорту. За рекомендаціями Maersk ідеальні вимоги +4..+14 ° C, відносний рівень вологості 80-85%. За температури близько 0°C максимальний термін зберігання до 15 діб. Холодильні камери для зберігання томатів повинні мати вентиляцію. У камерах з РГС томати 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 в контейнерах або ящиках на піддонах суцільним штабелем без проходів за 2-3 дня. Після завантаження навпроти оглядового вікна поміщають контрольні зразки в ящиках для спостереження за продукцією. Двері камери герметично закривають, встановлюють оптимальну температуру і вологість. За допомогою газогенератора і апарату очищення (скруббера) створюють необхідний склад газового середовища. Після закінчення зберігання камери розгерметизують і протягом 2-3 годин інтенсивно вентилують.

За кордоном застосовують покриття плодів тонким шаром воску з додаванням фунгіцидів. Цей прийом дозволяє зберегти щільність м'якоті, забарвлення, підвищує лежкість.

У нашій країні для захисту від хвороб і старіння 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. Томати обробляють водним розчином цього складу. В результаті утворюється тонка міцна плівка йодполімера, яка при зберіганні не обсипається. Перед вживанням вона легко змивається теплою водою.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Пропонується проект спеціалізовано холодильника, розташованого в місті Арциз.

Виділена площадка для будівництва проектного об'єкта перебуває в промисловій зоні міста й розміри її дозволяють у перспективі розмістити тут склади продтоварів і промтоварів.

Рельєф площадки вимагає великого обсягу планувальних робіт.

Під'їзна залізнична колія відсутня.

Будівля спеціалізовано холодильника одноповерхова з висотою камер 5 м, сітка колон 6 х 12 м. В 3-х камерах з температурним режимом +5°C, передбачається тривале зберігання плодової продукції. Даний спеціалізований холодильник повинне забезпечувати населення міста Арциз й окружні райони томатами.

Проектом передбачається використання на вантажно-розвантажувальних роботах електропогрузчиків.

Повітряне охолодження вважається найбільш ефективною системою встаткування холодильних камер для охолоджених і заморожених вантажів. Широке використання повітряного охолодження - доцільно внаслідок значних змін характеру вантажів, що зберігаються, способу їхнього пакування. Характерним для повітроохолоджувачів сучасних конструкцій є значне зниження енергетичних витрат на їхню роботу завдяки оптимізації теплообмінної поверхні. Зменшення потужності електродвигунів повітроохолоджувачів знижують вплив теплового еквівалента на режим зберігання вантажів.

Розміщення повітроохолоджувачів над центральним проходом спрощує доступ і обслуговування, а зниження різниці температур дозволяє різко зменшити усушку.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будівництво спеціалізованого холодильника в місті Арциз виявилось доцільним, це пояснюється фактичним збільшенням потреб донного міста в плодоовочевій продукції, а також можливостями забезпечити споживання через ринок.

Рациональні норми споживання фруктів відповідно до сформованої потреб у даному районі , а також можливостями забезпечити споживання через ринок.

Усе вище сказане підтверджує технічну й економічну доцільність проектування.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Об'ємно-планувальне рішення

Вантажний обсяг, який нам потрібен: $V_H = 350$ т

q_v – питома норма завантаження $q_v = 0,35$ т/м³

Об'єм приміщення

$$V_{ep} = \frac{V_H}{q_v} = \frac{350}{0.35} = 1000 \text{ м}^3$$

Грузова висота штабеля

Висота приміщення від пола до низу несущих конструкцій

$$h_{гр} = h_{ст} - 1 = 5 - 1 = 4 \text{ м. [1]}$$

Вантажна площа камер

$$F_{ep} = \frac{V_{ep}}{h_{ep}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ м}^2$$

Будівельна площа камер

Коефіцієнт використання будівельної площ камер $\beta = 0,85$

$$F_{стр} = \frac{F_{ep}}{\beta} = \frac{250}{0.85} = 294,17 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників

$$n = \frac{F_{стр}}{6 \cdot 12} = \frac{294,14}{72} = 4,01 \text{ приймаємо 4 будівельні прямокутники}$$

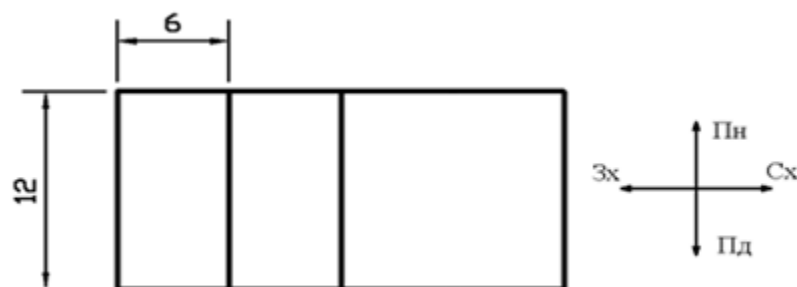


Рис. 2.1. Планування спеціалізованого холодильника.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення маси вантажів

Площа камер

$$F=a \cdot b(\text{м}^2)$$

де (a) – ширина камери, м., а (b) – довжина, м., данні зведемо в таблицю №1

Таблиця 1. Площа камер

№ камери	1	2	3
F площа м ²	72	72	144

Місткість камери в тонах умовного вантажу

$$G=\beta \cdot F \cdot h_{\text{гр}} \cdot q_v=0.85 \cdot 72 \cdot 0.35 \cdot 4=80.6 \text{ т.}$$

Зводимо для всіх камер получені данні в таблицю №2

Таблиця 2. Місткість камер

№ камери	1	2	3
G міс-ть т.	80.6	80.6	161,2

3.Визначення товщини теплоізоляції огорожувальних конструкцій

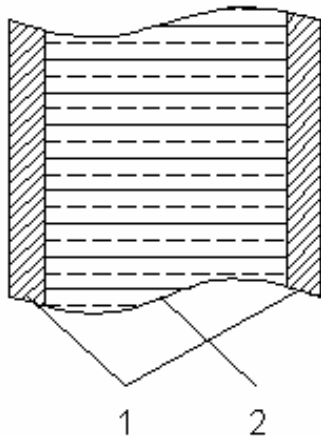
Огороджувальна конструкцій холодильника (стіни, стеля) зроблена із 3-х слойних алюмінієвих панелей типу "Сендвіч" товщиною 100 мм. з використанням, як ізоляції пенополіуретана марки "PIR" об'ємною масою 60 кг/м³. Габаритні розміри панелей: 120х1200х1500. Кровля холодильника виготовлена із сталюого профільованого метаріалу, вложеного по прогонам.

Знаходимо товщину ізоляції для внутрішніх перегородок

α_3 и α_K - розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі з зовнішнього і внутрішнього боків огороження;

δ_i і λ_i - товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару конструкції огороження;

λ_{i3} - розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності обраного ізоляційного матеріалу огороження.



1. Алюмінієвий лист

$\delta = 0.001$ м, $\lambda = 204$ Вт/(м · К).

2. Теплоізоляція "Снепур"

$\delta = 0.1$ м, $\lambda = 0.035$ Вт/(м · К).

$$k_{зс} = 0.394 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). [1]$$

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін, перегородок між охолоджуючими приміщеннями

$$k_{вн} = 0.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Тоді вибираємо $\alpha_3=9$ Вт/(м² · К)_{та} $\alpha_K=9$ Вт/(м² · К) [1]

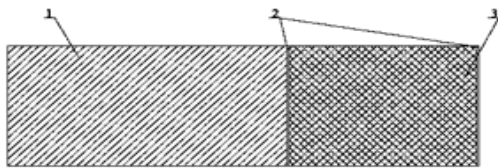
						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\delta_{iz} = \left[\frac{1}{k_{вн}} - \left[\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda} \right) + \frac{1}{\alpha_3} \right] \right] = \left[\frac{1}{0.5} - \left[\frac{1}{9} + \left(\frac{0.001^2 \cdot 1}{204} \right) + \frac{1}{9} \right] \right] = 0.62 м$$

Приймаємо товщину ізоляції рівної 0.1 м., знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі.

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda} \right) + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \left(\frac{0.001 \cdot 2}{204} \right) + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.331 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Знаходимо товщину ізоляції для зовнішніх стін



1. Кладка кирпична на цементном розчині

$\delta_1 = 0.38 \text{ м, } \lambda_1 - 0.81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

2. Алюмінієвий лист

$\delta_2 = 0.001 \text{ м, } \lambda_2 - 204 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

3. Теплоізоляція "Снепур" $\lambda - 0.035 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Тоді вибираємо $\alpha_3=11$ та $\alpha_k=23$ [1]

$$\delta_{iz} = \left[\frac{1}{k_{зс}} - \left[\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda_1} + \frac{\delta_2 \cdot 2}{\lambda_2} \right) + \frac{1}{\alpha_3} \right] \right] = \left[\frac{1}{0.394} - \left[\frac{1}{11} + \left(\frac{0.001 \cdot 2}{204} + \frac{0.38}{0.81} \right) + \frac{1}{23} \right] \right] = 0.084 м$$

Приймаємо товщину ізоляції рівною 0.1 м., знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі.

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda_1} + \frac{\delta_2 \cdot 2}{\lambda_2} \right) + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{11} + \left(\frac{0.001 \cdot 2}{204} + \frac{0.38}{0.81} \right) + \frac{1}{23} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.285 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Підлога охолоджуваних приміщень

Підлога охолоджуваних приміщень, знаходиться на ґрунті, не маючого обігріву. По периметру засипана ізоляція - гравій керамзитовий, шириною 2м. товщиною 0,5 м.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

4.Розрахунок теплоприпливів через огороження

Q_1 - теплоприливи скрізь огороження охолоджуваних об'єктів[1];

Q_{1T} - теплоприлив від різниці температур по обох боках огорожень;

Q_{1C} - теплоприлив від сонячного опромінення зовнішніх огорожень;

t_3 - температура зовнішнього середовища або сусіднього, більш теплого приміщення;

t_k - температура охолоджуваного об'єкта;

k - розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для даного огороження;

F - площа поверхні даного огороження.

$$Q_{1T}=k \cdot F(t_3- t_k)$$

$$Q_1= Q_{1T}+ Q_{1C}$$

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

$$Q_{1C}=k \cdot F \cdot \Delta t_c$$

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

q_c - розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду;

ϵ_c - коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання поверхнею огороження;

α_3 - коефіцієнт тепловідачі від нагрітої сонцем поверхні огороження в навколишній простір.

w - швидкість повітря, 2.5 м/с

$p=0.75$ [1]

$$\alpha_3 = 2.3 + 11.6\sqrt{w} = 20.6$$

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для стінки

$$q_c = 342 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Sigma_c = 0.26$$

$$\Delta t = p \cdot \frac{q_c \cdot \Sigma_c}{\alpha_3} = 0.75 \cdot \frac{342 \cdot 0.26}{20.6} = 3.23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для покрівлі

$$q_{c1} = 820 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Sigma_{c1} = 0.26$$

$$\Delta t_1 = p \cdot \frac{q_{c1} \cdot \Sigma_{c1}}{\alpha_3} = 0.75 \cdot \frac{820 \cdot 0.26}{20.6} = 7.74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зводимо данні в таблицю №3

Таблиця 3. Теплоприпливи через огородження.

№ Камери	Огородження	K Вт/м ² К	F м ²	t _з °C	t _к °C	Δt °C	Δt _c °C	Q Вт
	Стіна пн.	0.285	30	33	0	33		282
	Стіна пд.	0.285	30	33	0	33		282
	Стіна зх.	0.285	60	33	0	33	3.23	620
1 камера	Стіна сх.	0.331	60	1	0	1		20
	Покриття	0.285	72	33	0	33	7,747	836
	Підлога 1	0.48	72	33	0	33		1141
Σ								3181
	Стіна пн.	0.285	30	33	1	32		223
	Стіна пд.	0.285	30	33	1	32		223
	Стіна зх.	0.331	60	1	1	0		0
2 камера	Стіна сх.	0.331	60	1	1	0		0
	Покриття	0.285	72	33	1	32	7,747	804
	Підлога 1	0.48	72	33	1	32		1106
Σ								2356
	Стіна пн.	0.285	60	33	4	29		496
	Стіна пд.	0.285	60	33	4	29		496
	Стіна зх.	0.331	60	1	4	3		60
3 камера	Стіна сх.	0.331	60	1	4	3		60
	Покриття	0.285	144	33	4	29	7,747	1509
	Підлога 1	0.48	144	33	4	29		2005
Σ								4626

Розрахунок теплоприливів від вантажів при їх холодильній обробці

G_H - добове надходження вантажу на холодильну обробку, т/добу;

h_1 - ентальпія вантажу (кДж/кг), що надходить на обробку, при початковій температурі;

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

$\tau_{\text{Ц}}$ - тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту (години);

τ_p - тривалість робочого періоду (години), тобто фактичний час протягом якого споживається холод.

Для всіх камер підбираємо значення ентальпій вантажу

Камера №1 $h_1=346.5$ кДж/кг, $h_2=271.7$ кДж/кг [1]

Камера №2 $h_1=346.5$ кДж/кг, $h_2=272.9$ кДж/кг

Камера №3 $h_1=346.5$ кДж/кг, $h_2=286.7$ кДж/кг

Добове надходження вантажу приймаємо 8%

$G_H=G \cdot 0.08$ зводимо дані в таблицю №4

Таблиця 4. Добове надходження продукту до камер

№ камери	1	2	3
G добове надходження т.	6.45	6.45	12.9

Оскільки холодильна обробка безперервної дії то $\tau_{\text{Ц}}/\tau_p$ рівно 1, тоді

$$Q_{21} = \frac{G_H \cdot (h_1 - h_2)}{0.0864} = \frac{6.45 \cdot (346.5 - 271.7)}{0.0864} = 5.6 \text{ кВт},$$

$$Q_{21} = \frac{G_H \cdot (h_1 - h_2)}{0.0864} = \frac{6.45 \cdot (346.5 - 272.9)}{0.0864} = 5.5 \text{ кВт}$$

$$Q_{21} = \frac{G_H \cdot (h_1 - h_2)}{0.0864} = \frac{6.45 \cdot (346.5 - 286.7)}{0.0864} = 4,5 \text{ кВт}$$

для інших камер отримані данні зводимо в таблицю №5

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 5. Теплоприпливи від продукту при холодильній обробці.

№ камери	1	2	3
Q_{21} кВт	5.6	5.5	4,5

Добове надходження тари на холодильну обробку (т/добу) для картонної приймаємо 10%

Питома теплоємність

$$c_1=1.46 \text{ Кдж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), c_2=1.46 \text{ Кдж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) [1]$$

$$G_{\text{тар}} = G_{\text{Н}} \cdot 0.1 = 6.45 \cdot 0.1 = 0.645 \text{ т/добу, зведемо данні в таблицю №6}$$

Таблиця 6. Добове надходження тари

№ камери	1	2	3
$G_{\text{тар}}$ т/добу	0.645	0.645	1.29

Теплоприлив від тари

t_3 – зовнішня температура

$$Q_{2m} = G_{\text{тар}} \cdot \frac{(c_1 \cdot t_3 - c_2 \cdot t)}{0.0864} = 0.645 \cdot \frac{(1.46 \cdot 33 - 1.46 \cdot 1)}{0.0864} = 0.348 \text{ кВт},$$

зводимо данні в таблицю №7

Таблиця 7. Теплоприпливи від тари

№ камери	1	2	3
$Q_{2т}$ кВт	0.348	0.348	0.696

Знаходимо сумарний теплоприлив від вантажів

$$Q_2 = Q_{21} + Q_{2т} = 5.6 + 0.348 = 5.95 \text{ кВт},$$

$$Q_2 = Q_{22} + Q_{2т} = 5.56 + 0.348 = 5.91 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = Q_{23} + Q_{2т} = 4.5 + 0.696 = 5.2 \text{ кВт}$$

зводимо в таблицю №8

Таблиця 8. Сумарний теплоприплив від вантажів.

№ камери	1	2	3
Q ₂ кВт	5,95	5,91	5,2

Розраховуємо теплоприлив із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджуваних приміщень, де

V₆ - Будівельний об'єм вентилязованого приміщення, м³;

α - кратність повітрообміну за добу, 4 [1];

ρ_к - щільність повітря при температурі і відносній вологості охолоджуваного приміщення, кг/м³;

h_з - ентальпія зовнішнього повітря при розрахунковій температурі і відносній вологості, кДж/кг;

h_к - ентальпія повітря при температурі і відносній вологості в охолоджувальному приміщенні кДж/кг;

τ - щодобовий інтервал часу, протягом якого здійснюють вентиляцію камери, години [1], 8 год.

Для всіх камер V₆ розраховуємо:

$$V_{61}=12\cdot6\cdot5=360\text{ м}^3$$

$$V_{62}=12\cdot6\cdot5=360\text{ м}^3$$

$$V_{63}=12\cdot12\cdot5=720\text{ м}^3$$

Вибираємо данні з h-d діаграми

ρ - 1.1 кг/м³; h_з - 28 кДж/кг; h_к - 5 кДж/кг, тоді

$$Q_{31} = \frac{V_6 \cdot \alpha \cdot \rho_k \cdot (h_z - h_k)}{3.6 \cdot \tau} = \frac{360 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot (28 - 5)}{3.6 \cdot 8} = 1.26 \text{ кВт}$$

$$Q_{32} = \frac{V_6 \cdot \alpha \cdot \rho_k \cdot (h_z - h_k)}{3.6 \cdot \tau} = \frac{360 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot (28 - 5)}{3.6 \cdot 8} = 1.26 \text{ кВт}$$

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{33} = \frac{V_{\sigma} \cdot \alpha \cdot \rho_{\kappa} \cdot (h_3 - h_k)}{3.6 \cdot \tau} = \frac{720 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot (28 - 5)}{3.6 \cdot 8} = 2.52 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплоприливів від різних джерел

Теплоприлив від електричного освітлення

q - питома норма потужності світильників, 3 Вт;

j - коефіцієнт одночасно працюючих світильників, 1;

F_б - ,будівельна площа охолоджуваного приміщення, м²;

для камер 1 та 2

$$Q_{41} = q \cdot j \cdot F_b = 3 \cdot 1 \cdot 72 = 0.26 \text{ кВт},$$

для камери 3

$$Q_{41} = q \cdot j \cdot F_b = 3 \cdot 1 \cdot 144 = 0.52 \text{ кВт}$$

Теплоприлив від електричних двигунів

Q₄₂=Q₁+Q₂+Q₃ - сума розрахованих теплоприливів для камери

m - коефіцієнт, зумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодовидатності повітроохолоджувача, 0.06 [1].

$$Q_{42} = 1.2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m = 1.2 \cdot (3,181 + 5.951 + 1.26) \cdot 0.06 = 0.73 \text{ кВт}$$

$$Q_{42} = 1.2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m = 1.2 \cdot (2.356 + 5.91 + 1.26) \cdot 0.06 = 0.69 \text{ кВт}$$

$$Q_{42} = 1.2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m = 1.2 \cdot (4.621 + 5.2 + 2,52) \cdot 0.06 = 0.89 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №9

Таблиця 9. Теплоприливи від електродвигунів.

№ камери	1	2	3
Q ₄₂ кВт	0.73	0.69	0.89

Теплоприлив від працюючих людей

n - кількість працюючих людей, 2 чол

q₃ - тепловиділення однієї працюючої людини, кВт

$$q_3=0.270-6\cdot t=270-6\cdot 1=0.264 \text{ кВт}$$

$$Q_{43}=q_3\cdot n=0.264\cdot 2=0.528 \text{ кВт}$$

Для всіх камер однаковий буде теплоприлив

Теплоприлив від відкритих дверей [1]

B - питома витрата холоду при відкритих дверях, 9

Для камер 1 та 2

$$Q_{44}=B\cdot F_6\cdot 10^{-3}=9\cdot 72\cdot 10^{-3}=0.648 \text{ кВт}$$

Для камери 3

$$Q_{44}=B\cdot F_6\cdot 10^{-3}=9\cdot 144\cdot 10^{-3}=1,3 \text{ кВт}$$

Сума теплоприливів

для камери 1

$$Q_4=Q_{41}+Q_{42}+Q_{43}+Q_{44}=0.26+0.73+0.528+0.648=2.156 \text{ кВт}$$

для камери 2

$$Q_4=Q_{41}+Q_{42}+Q_{43}+Q_{44}=0.26+0.69+0.528+0.648=2.126 \text{ кВт}$$

для камери 3

$$Q_4=Q_{41}+Q_{42}+Q_{43}+Q_{44}=0.52+0.89+0.528+1,3=3.238 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №10

Таблиця 10. Теплоприпливи від різних джерел

№ камери	1	2	3
Q ₄ кВт	2.156	2.126	3.238

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок теплоприливів від дихання плодів

q_t і q_0 - питомі тепловиділення плодів при температурах плодів $^{\circ}\text{C}$

b - температурний коефіцієнт швидкості дихання $^{\circ}\text{C}^{-1}$

для яблук $q_0=33 \text{ Вт/т}, b=0.1277 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

для яблук $q_0=20 \text{ Вт/т}, b=0.1277 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

для яблук $q_0=20 \text{ Вт/т}, b=0.1277 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

q_{t1} - питомі тепловиділення плодів і овочів при температурі їхнього надходження в камеру Вт/т ;

q_{t2} - питомі тепловиділення плодів і овочів при температурі їхнього збереження в камеру Вт/т

Томати

$$q_{t1} = q_0 \cdot e^{b \cdot t_3} = 33 \cdot e^{0.1277 \cdot 33} = 2,2 \text{ кВт}$$

$$q_{t2} = q_0 \cdot e^{b \cdot t} = 33 \cdot e^{0.1277 \cdot 0} = 0,033 \text{ кВт}$$

$$Q_5 = G_1 (0,1 \cdot q_{t1} + 0,9 \cdot q_{t2}) = 80,64 (0,1 \cdot 2,2 + 0,9 \cdot 0,033) = 20,2 \text{ кВт}$$

Томати

$$q_{t1} = q_0 \cdot e^{b \cdot t_3} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 33} = 1,15 \text{ кВт}$$

$$q_{t2} = q_0 \cdot e^{b \cdot t} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 4} = 0,033 \text{ кВт}$$

$$Q_5 = G_1 (0,1 \cdot q_{t1} + 0,9 \cdot q_{t2}) = 161,3 (0,1 \cdot 1,15 + 0,9 \cdot 0,033) = 23,3 \text{ кВт}$$

Томати

$$q_{t1} = q_0 \cdot e^{b \cdot t_3} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 33} = 1,15 \text{ кВт}$$

$$q_{t2} = q_0 \cdot e^{b \cdot t} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 1} = 0,023 \text{ кВт}$$

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_5 = G_1 (0,1 \cdot q_{t1} + 0,9 \cdot q_{t2}) = 80,64 (0,1 \cdot 1,15 + 0,9 \cdot 0,033) = 11,6 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №11

Таблиця 11. Теплоприпливи від дихання плодів

№ камери	1	2	3
Q_5 , кВт	20,2	11,6	23,3

Розрахункове теплове навантаження охолоджувальних приладів

$$Q_{6\text{кам}1} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \cdot 1,1 = (3,181 + 5,95 + 1,26 + 2,156 + 20,2) \cdot 1,1 = 36 \text{ кВт}$$

$$Q_{6\text{кам}2} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \cdot 1,1 = (2,356 + 5,91 + 1,26 + 2,126 + 11,6) \cdot 1,1 = 25,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{6\text{кам}3} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \cdot 1,1 = (4,626 + 5,2 + 2,62 + 3,238 + 23,3) \cdot 1,1 = 43 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №12

Таблиця 12. Розрахункове навантаження на прилади охолодження

№ камери	1	2	3
Q_6 , кВт	36	25,6	43

Розрахункове теплове навантаження на компресор

b - коефіцієнт робочого часу компресорів, 0,6 [1];

ε_1 - коефіцієнт втрат при транспортуванні холоду, 1,1 [1].

$$Q_{7\text{кам}1} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \cdot 0,5 + Q_5 = 3,181 + 5,95 + 1,26 + 2,156 \cdot 0,5 + 20,2 = 31,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{7\text{кам}2} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \cdot 0,5 + Q_5 = 2,356 + 5,91 + 1,26 + 2,126 \cdot 0,5 + 11,6 = 22,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{7\text{кам}3} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \cdot 0,5 + Q_5 = 4,626 + 5,2 + 2,62 + 3,238 \cdot 0,5 + 23,3 = 37,4 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №13

Таблиця 13. Розрахункове теплове навантаження на компресор

№ камери	1	2	3
Q_7 , кВт	31,6	22,2	37,4

Сума всіх теплових навантажень

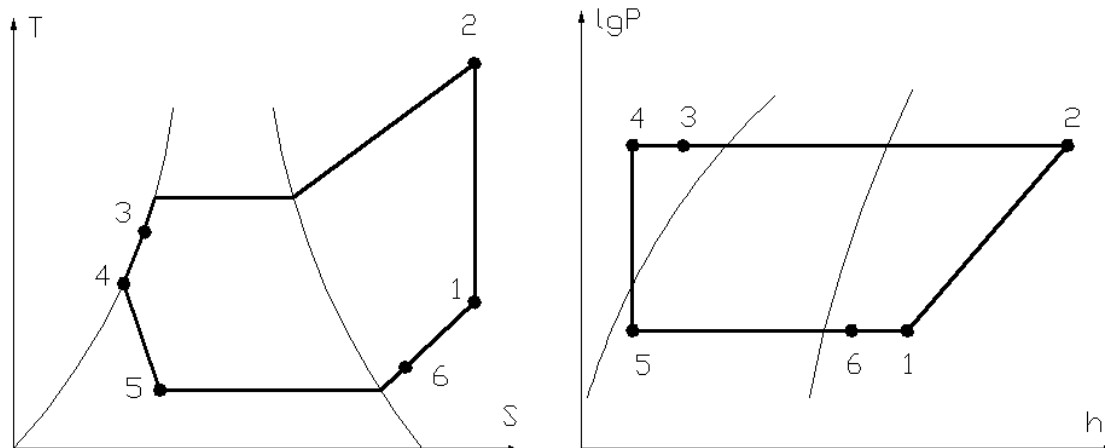
$$Q_8 = Q_{71} + Q_{72} + Q_{73} + Q_{74} = 31,6 + 22,2 + 37,4 = 91,2 \text{ кВт}$$

n – кількість компресорів, 6 шт.

$$Q_{\text{км}} = (\varepsilon_1 / b \cdot n) \cdot Q_8 = (1,1 / 0,6 \cdot 6) \cdot 91,2 = 27,9 \text{ кВт}$$

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Тепловий розрахунок та підбір компресора



R 404 A

$$t_K = 45^\circ\text{C}, P_K = 2 \text{ МПа}$$

$$t_3 = t_K - \Delta t_K = 45 - 5 = 40^\circ\text{C}$$

$$t_1 = t_3 - \Delta t_{\text{НДР}} = 40 - 20 = 20^\circ\text{C}$$

Таблиця 14 - Параметри холодильного агенту

№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$V, \text{м}^3 / \text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$
1	20	0,425	0,06	388
2	80	2	-	430
3	40	2	-	265
4	25	2	-	242
5	-12	0,425	-	242
6	-7	0,425	-	365

$$Q_{KM}^{(охл)} = 27,9 \text{ кВт}$$

1. Питомі масова холодопродуктивність

$$q_0 = i_6 - i_5 = 365 - 242 = 123 \text{ кДж / кг}$$

2. Питомі об'ємна холодопродуктивність

$$q_V = q_0 / v_1 = 123 / 0,06 = 2050 \text{ кДж / кг}$$

3. Витрата пари

$$M_{A(ОХЛ)} = Q_0 / q_0 = 27,9 / 123 = 0,227 \text{ кг} / \text{с}$$

4. Питоме тепло конденсації

$$q_K = i_2 - i_3 = 430 - 265 = 165 \text{ кДж} / \text{кг}$$

5. Тепловий потік в конденсаторі

$$Q_{K(ОХЛ)} = M_A * q_K = 0,227 * 165 = 37,4 \text{ кВт}$$

6. Питома адіабатна робота компресора

$$l = i_2 - i_1 = 430 - 388 = 42 \text{ кДж} / \text{кг}$$

7. Дійсна об'ємна продуктивність

$$V_{D(ОХЛ)} = M_A * v_1 = 0,227 * 0,06 = 0,0136 \text{ м}^3 / \text{с}$$

8. Коефіцієнт подачі, що враховує вплив мертвого простору

$$\lambda_c = 1 - c * \left[\left(\frac{P_K}{P_O} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,015 * \left[\left(\frac{2}{0,425} \right)^{\frac{1}{1,05}} - 1 \right] = 0,95$$

9. Коефіцієнт, що враховує об'ємні втрати

$$\lambda'_w = (T_o + \theta) / (\alpha * T_K + \beta * \theta) = (261 + 50) / (1,12 * 318 + 0,5 * 50) = 0,82$$

10. Коефіцієнт подачі

$$\lambda = \lambda_c * \lambda'_w = 0,95 * 0,82 = 0,78$$

11. Теоретичний об'єм, описаний поршнями

$$V_{h(ОХЛ)} = 0,0136 / 0,78 = 0,0175 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Підбираю поршневий компресорно-конденсаторний агрегат BITZER

LN135/44CC-12.2 $V_h = 0,0181 \text{ м}^3 / \text{с}$

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Розрахунок повітроохолоджувача

Розрахунок повітроохолоджувача для камер з $t_{KAM} = 5^{\circ}C$

При проведенні розрахунку приймаю наступні параметри:

теплове навантаження

$$Q_0^{KAM, \text{№}1} = 36 \text{ кВт}$$

$$Q_0^{KAM, \text{№}2} = 25,6 \text{ кВт}$$

$$Q_0^{KAM, \text{№}3} = 43 \text{ кВт}$$

температура повітря в приміщенні, що охолоджує $t_k = 5^{\circ}C$;

відносна вологість повітря в камері $\varphi = 90\%$

робоче тіло R404A

Геометричні розміри ребристої труби повітроохолоджувача, виготовленого методом литва під тиском:

труба:

зовнішній діаметр $d_{TP} = 0,025 \text{ м}$;

внутрішній діаметр $d_{BH} = 0,02 \text{ м}$;

товщина стінки $\delta_T = 0,0025 \text{ м}$

матеріал (сталь) $\lambda_T = 45 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$

ребро:

висота $h = 0,024 \text{ м}$

товщина у вершини $\delta_{BP} = 0,0008 \text{ м}$;

товщина в підстави $\delta_{OP} = 0,0012 \text{ м}$;

крок $u = 0,012 \text{ м}$;

матеріал (алюміній) $\lambda_p = 180 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$;

компоновка пучка труб шаховий пучок.

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина алюмінієвого чохла на зовнішній поверхні сталеві труби рівна $\delta = 1,5 \text{ мм}$; тоді зовнішній діаметр з врахуванням алюмінієвого чохла буде

рівний: $d_H = d_{TP} + 2 * \delta = 0,025 + 2 * 0,0015 = 0,028 \text{ м}$

Приймаємо діаметр ребра:

$$D = d_H + 2 * h = 0,028 + 2 * 0,024 = 0,076 \text{ м};$$

Крок труб в пучку:

поперечний (впоперек потоку повітря):

$$S_1 = (D + 2 * \delta_H) + 0,003 \text{ м} = (0,076 + 2 * 0,003) + 0,003 = 0,085 \text{ м};$$

подовжній (уздовж потоку повітря):

$$S_2 = S_1 = (D + 2 * \delta_H) + 0,002 \text{ м} = (0,076 + 2 * 0,003) + 0,003 = 0,085 \text{ м}.$$

діагональний:

$$S'_2 = \left[S_2^2 + (S_1 / 2)^2 \right]^{0,5} = \left[(0,085)^2 + (0,085 / 2)^2 \right]^{0,5} = 0,095 \text{ м}.$$

Тепловий розрахунок

Кінцевою метою теплового розрахунку є визначення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру повітря в камері. Задаємося величиною підохолодження повітря в повітроохолоджувачі $\Delta t_B = 2^\circ \text{ C}$.

Визначаємо температуру повітря на виході апарату:

$$t_2 = t_{\text{ВЫХ.В}} = t_k - \Delta t_B = 0 - 2 = -2^\circ \text{ C}.$$

Визначаємо середню температуру повітря:

$$t_{CP.B} = 0,5 * (t_2 + t_K) = 0,5 * (-2 + 0) = -1^\circ \text{ C}.$$

Приймаємо температуру кипіння фреону:

$$t_0 = t_{CP.B} - (10...15) = -1 - 11 = -12^\circ \text{ C}.$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Визначуваний температурний натиск:

$$\theta = t_{CP.B} - t_0 = -1 + 12 = 11^\circ C.$$

Вибираю теплофізичні властивості вологого повітря при визначальній температурі $t_{CP.B}$:

$\nu_B = 13,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості,

$\lambda_B = 2,44 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності,

$Pr_B = 0,707$ - число Прандтля,

$\rho_B = 1,293 \text{ кг} / \text{м}^3$ - щільність,

$C_B = 1,005 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$ - питома теплоємність сухого повітря.

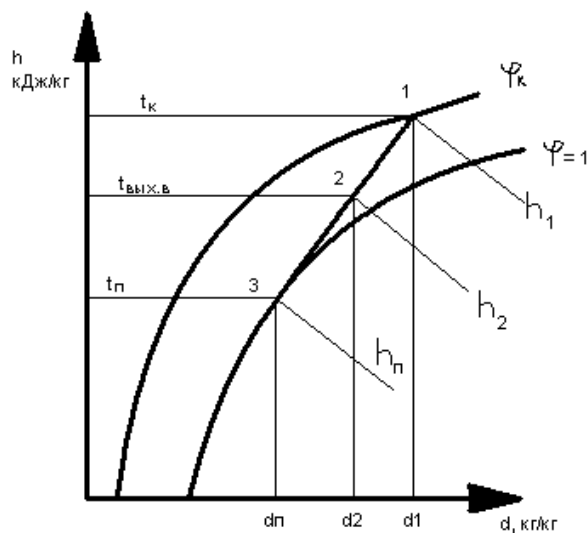


Рисунок 6.1 - Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі
в наступній послідовності: $1 \rightarrow \Pi \rightarrow 2$ (см. рис)

Для цього задаємося середньою температурою поверхні повітроохолоджувача (інею) t_n з умови, що $t_0 < t_\Pi < t_K$, використовуючи приблизне співвідношення :

$$t_\Pi = t_K - (0,1 \div 0,8) \cdot \theta = 0 - 0,4 \cdot 11 = -4,4^\circ C.$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	27

По діаграмі $h-d$, с допомогою розрахункових залежностей, приведених нижче, визначаємо параметри повітря (h, d, t).

Таблиця 15 - Параметри повітря

№ точки	$t, ^\circ C$	$d \cdot 10^{-3}, \text{кг} / \text{кг}$	$h, \text{кДж} / \text{кг}$	$\varphi, \%$
1	0	3,4	9,64	90
2	-2	3	6,47	94
3(п)	-4,4	2,6	2,9	100

Грунтуючись на принципі подібності трикутників (см.мал), можна записати:

$$(d_1 - d''_{II}) / (t_1 - t_{II}) = (d_1 - d_2) / (t_1 - t_2),$$

Звідси невідоме значення вмісту вологи повітря на виході апарату:

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 - ((t_1 - t_2) * (d_1 - d''_{II}) / (t_1 - t_{II})) = \\ &= 3,4 * 10^{-3} - ((0 + 2) * (3,4 * 10^{-3} - 2,6 * 10^{-3}) / (0 + 4,4)) = 3,04 * 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}. \end{aligned}$$

Відносна вологість повітря, на виході з апарату буде рівна:

$$\varphi_2 = d_2 / d'_2 = 3 / 3,2 = 0,94,$$

де d''_{II} и d'_2 - відповідно, вміст вологи насиченого повітря при t_{II} и t_2 .

Ентальпію повітря в точках 1,2 і 3 при негативних значеннях температури поверхні апарату (інею) знаходимо по залежностях:

$$\begin{aligned} h_1 &= 1,0078 * t_1 + (2835 + 2,09 * t_1) * d_1 = 1,0078 * 0 + (2835 + 2,09 * 0) * 3,4 * 10^{-3} = 9,64 \text{ кДж} / \text{кг}; \\ h_2 &= 1,0078 * (-2) + (2835 + 2,09 * (-2)) * 3 * 10^{-3} = 6,47 \text{ кДж} / \text{кг} \\ h_3 &= 1,0078 * (-4,4) + (2835 + 2,09 * (-4,4)) * 2,6 * 10^{-3} = 2,9 \text{ кДж} / \text{кг} \end{aligned}$$

Переходимо до розрахунку геометричних характеристик теплопередаючого елементу.

Геометричні характеристики поверхні ребристого елементу вільного від інею.

Площа зовнішньої поверхні ребра:

$$\begin{aligned} F_p &= 0,5 * \pi * (D^2 - d_H^2) + \pi * D * \delta_{BP} = \\ &= 0,5 * 3,14 * ((0,076)^2 - (0,028)^2) + 3,14 * 0,076 * 0,0008 = 8,03 * 10^{-3} \text{ м}^2; \end{aligned}$$

					Арк.
					28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Площа зовнішньої поверхні труби між двома суміжними ребрами:

$$F_T = \pi * d_H * (u - \delta_{OP}) = 3,14 * 0,028 * (0,012 - 0,0012) = 9,5 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елемента:

$$F_B = \pi * d_B * u = 3,14 * 0,02 * 0,012 = 7,5 * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

Площа зовнішньої поверхні труби ребристого елемента:

$$F_H = F_P + F_T = 8,03 * 10^{-3} + 9,5 * 10^{-4} = 8,98 * 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт β і міра обребрення теплообмінної поверхні φ :

$$\beta = F_H / F_B = 8,98 * 10^{-3} / 7,5 * 10^{-4} = 12,$$

$$\varphi = F_H / (\pi * d_H * u) = 8,98 * 10^{-3} / (3,14 * 0,028 * 0,012) = 8,5.$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі при товщині шаруючи $\delta_{IH} = 0,002 \text{ м}$.

Площа зовнішньої поверхні інею на ребрі рівна:

$$F_{PI} = 0,5 * \pi * ((D + 2 * \delta_{IH})^2 - (d_H + 2 * \delta_{IH})^2) + \pi * (D + 2 * \delta_{IH}) * (\delta_P + 2 * \delta_{IH}) =$$

$$= 0,5 * 3,14 * ((0,076 + 2 * 0,003)^2 - (0,028 + 2 * 0,003)^2) +$$

$$+ 3,14 * (0,076 + 2 * 0,003) * (0,0008 + 2 * 0,003) = 1,05 * 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Зовнішня поверхня інею на трубці між двома суміжними ребрами має площу:

$$F_{TI} = \pi * (d_H + 2 * \delta_{IH}) * (u - (\delta_{OP} + 2 * \delta_{IH})) =$$

$$= 3,14 * (0,028 + 2 * 0,002) * (0,012 - (0,0012 + 2 * 0,002)) = 5,1 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Повна площа зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі рівна:

$$F_{HI} = F_{PI} + F_{TI} = 0,0105 + 0,00051 = 1,1 * 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт обребрення поверхні β'' , покритої інеєм, рівний:

$$\beta'' = F_{HI} / F_B = 1,1 * 10^{-2} / 7,5 * 10^{-4} = 14,7.$$

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний живий перетин одного ребристого елементу, покритого шаром інею прийнятої величини, рівний:

$$f_{ж} = u \cdot (S_1 - d_H - 2 \cdot \delta_H) - 2 \cdot h \cdot (\delta_{CP.P} + 2 \cdot \delta_H) = \\ = 0,012 \cdot (0,082 - 0,028 - 2 \cdot 0,003) - 2 \cdot 0,024 \cdot (0,001 + 2 \cdot 0,003) = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині повітроохолоджувача $\omega_B = 4 \text{ м/с}$.

Визначуваний режим руху повітря - число Рейнольдса

$$Re = (\omega_B \cdot d_H) / \nu_B = (4 \cdot 0,028) / 13,28 \cdot 10^{-6} = 8434.$$

Число Нуссельта для труб, виготовлених методом литва під тиском:

$$Nu = (1 - n) \cdot C_Z \cdot C_S \cdot \varphi^{-0.5} \cdot Re^n = (1 - 0,7) \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot (8,5)^{-0.5} \cdot 8434^{0.7} = 54,8,$$

Де $C_S = (S_1 - d_H) / (S_2 - d_H) = (0,082 - 0,028) / (0,082 - 0,028) = 1$ - коефіцієнт, форми пучка

$C_Z = 0,95$ - коефіцієнт, що враховує кількість рядів в пучку уздовж потоку повітря; $n = 0,61 \cdot \varphi^{0.08} = 0,61 \cdot (8,5)^{0.08} = 0,7$, $m = S_2 + \varphi^{-0.48} = 0,085 + (8,5)^{-0.48} = 0,03$.

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря рівний:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_B}{d_H} = \frac{54,8 \cdot 2,44 \cdot 10^{-2}}{0,028} = 47,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де d_H - визначальний розмір, м.

Коефіцієнт вlagовыделения за цих умов рівний:

$$\xi = 1 + \frac{(d_K'' \cdot \varphi_K - d_H'') \cdot (r - h_H)}{C_B' \cdot (t_K - t_H)} = \\ = 1 + \frac{(3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 - 2,6 \cdot 10^{-3}) \cdot (2835 + 9,2)}{1,02 \cdot (0 - (-4,4))} = 1,35$$

де $r = 2835 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота фазового переходу при $t_H < 0^\circ \text{C}$;

$d_H'' = 3,27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}$ - влагосодержание вологого повітря в пограничному шарі в поверхні інею при $t_H = -4,4^\circ \text{C}$ і відносною вологістю $\varphi = 1$;

$h_H = 2,09 \cdot t_H = 2,09 \cdot (-4,4) = -9,2 \text{ кДж/кг}$ - ентальпія інею;

					Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$C'_B = 1,009 + 1,87 * d_m = 1,005 + 1,87 * 8,1 * 10^{-3} = 1,02$ кДж/(кгК) – питома теплоємність вологого повітря;

$d_m = 0,5 * (d_K + d_2) = 0,5 * (9,64 + 6,47) * 10^{-3} = 8,1 * 10^{-3}$ кг / кг - влагосодержание повітря при визначальній температурі.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередаючого елементу з врахуванням термічного опору шару інею знайдемо як:

$$\alpha_{IP} = \left(\frac{1}{\alpha_K * \xi} + \frac{\delta_{IH}}{\lambda_{IH}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{47,8 * 1,35} + \frac{0,003}{0,2} \right)^{-1} = 32,8 \frac{Bm}{m^2 \cdot K},$$

де , $\lambda_{IH} = 0,2 Bm / (m * K)$ - коефіцієнт теплопровідності інею.

Коефіцієнт ефективності ребра знайдемо як:

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,61)}{0,61} = 0,88,$$

де $mh' = \sqrt{\frac{2 * \alpha_{IP}}{\delta_{CP.P} * \lambda_P}} * h' = \sqrt{\frac{2 * 32,8}{0,001 * 180}} * 0,032 = 0,61$ - безрозмірний комплекс,

$\lambda_P = 180 \frac{Bm}{m \cdot K}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$h' = h * (1 + 0,805 * \log(\frac{D}{d_H})) = 0,026 * (1 + 0,805 * \log(\frac{0,076}{0,028})) = 0,032 m$ - умовна висота ребра.

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елементу:

$$\begin{aligned} \alpha_{IP.H} &= \alpha_{IP} * (F_P * E * \psi * C_K + F_{TP}) / F_H = \\ &= 32,8 * (8,03 * 10^{-3} * 0,88 * 0,97 * 1 + 9,5 * 10^{-4}) / 8,98 * 10^{-3} = 28,5 \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \end{aligned}$$

де $\psi = 1 - 0,058 * mh' = 1 - 0,058 * 0,61 = 0,97$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра;

C_K - коефіцієнт враховує контактне термічне спротивление між трубою і ребром.

Для біметалічної литої поверхні він рівний $C_K = 1$.

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні фреону в трубах апарату:

$$\alpha_o = (103,2 + 0,19 * t_o) * q_B^{0,25} = (103,2 + 0,19 * (-12)) * 3225^{0,25} = 761 \text{ Bm} / (\text{м}^2 * \text{K})$$

де q_B - щільність теплового потоку, отнесеного до внутрішньої поверхні труби:

$$q_B = \alpha_K * \xi * (t_{CP,B} - t_{II}) * \beta^{II} = 47,8 * 1,35 * (-1 - (-4,4)) * 14,7 = 3225 \text{ Bm} / \text{м}^2$$

Коефіцієнт теплопередачі, отнесений до зовнішньої поверхні інею, рівний:

$$K_H^{II} = \left(\frac{1}{\alpha_{IP,H}} + \frac{\varphi * \delta_T}{\lambda_T} + \frac{\beta_{II}}{\alpha_o} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{28,5} + \frac{8,5 * 0,0025}{45} + \frac{14,7}{761} \right)^{-1} = 18,25 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2 * \text{K}};$$

віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні інею, рівний:

$$K_H = K_H^{II} * \frac{\beta}{\beta^{II}} = 18,25 * \frac{12}{14,7} = 14,9 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2 * \text{K}}$$

Перевіряємо значення раніше прийнятої температури поверхні інею.

Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею рівна:

$$\Delta t_p = \frac{q_H}{\alpha_K * \xi} = \frac{201}{47,8 * 1,35} = 3,2^\circ \text{C},$$

де q_H - щільність теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні інею, рівна:

$$q_H = K_H^{II} * (t_{CP,B} - t_o) = 18,25 * (-1 - (-12)) = 201 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2}.$$

Відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур рівна:

$$\delta = \left| \frac{\Delta t_p - \Delta t}{\Delta t_p} \right| * 100\% = \left| \frac{3,2 - 3,4}{3,2} \right| * 100\% = 6\% < 7\%,$$

де $\Delta t = t_{CP,B} - t_{II} = -1 - (-4,4) = 3,4^\circ \text{C}$ - прийнята різниця температур повітря і поверхні інею.

Визначаємо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача.

Приймаю в камері охолодження яблук одному повітроохолоджувачі:

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{H1} = \frac{Q_o}{K_H * (t_{CP.B} - t_o)} = \frac{36000}{14,9 * (-1 - (-12))} = 220 \text{ м}^2$$

$$F_{H2} = \frac{Q_o}{K_H * (t_{CP.B} - t_o)} = \frac{26500}{14,9 * (-1 - (-12))} = 162 \text{ м}^2$$

$$F_{H3} = \frac{Q_o}{K_H * (t_{CP.B} - t_o)} = \frac{21500}{14,9 * (-1 - (-12))} = 131,2 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач:

$$V_{B1} = Q_o / [\rho_B * (h_1 - h_2) * 10^3] = 36000 / [1,293 * (9,64 - 6,47) * 10^3] = 8,78 \text{ м}^3 / \text{с} = 31608 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$V_{B2} = Q_o / [\rho_B * (h_1 - h_2) * 10^3] = 25600 / [1,293 * (9,64 - 6,47) * 10^3] = 6,24 \text{ м}^3 / \text{с} = 22464 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$V_{B3} = Q_o / [\rho_B * (h_1 - h_2) * 10^3] = 21500 / [1,293 * (9,64 - 6,47) * 10^3] = 5,24 \text{ м}^3 / \text{с} = 18883 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Мінімальний живий перетин повітроохолоджувача з інеєм на теплообмінній поверхні:

$$F_{Ж1} = V_{B1} / \omega_B = 8,78 / 4 = 2,195 \text{ м}^2$$

$$F_{Ж2} = V_{B2} / \omega_B = 6,24 / 4 = 1,56 \text{ м}^2$$

$$F_{Ж3} = V_{B3} / \omega_B = 5,24 / 4 = 1,31 \text{ м}^2$$

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_{\phi1} = F_{Ж1} * (S_1 * u) / f_{Ж} = 2,195 * (0,085 * 0,012) / 2,9 * 10^{-4} = 7,72 \text{ м}^2$$

$$F_{\phi2} = F_{Ж2} * (S_1 * u) / f_{Ж} = 1,56 * (0,085 * 0,012) / 2,9 * 10^{-4} = 5,49 \text{ м}^2$$

$$F_{\phi3} = F_{Ж3} * (S_1 * u) / f_{Ж} = 1,31 * (0,085 * 0,012) / 2,9 * 10^{-4} = 4,61 \text{ м}^2$$

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції повітроохолоджувача:

Ширина:

$$H'_1 = (F_{\phi1} / n)^{0,5} = (7,72 / 1)^{0,5} = 2,78 \text{ м}$$

$$H'_2 = (F_{\phi2} / n)^{0,5} = (5,49 / 1)^{0,5} = 2,34 \text{ м}$$

$$H'_3 = (F_{\phi3} / n)^{0,5} = (4,61 / 1)^{0,5} = 2,15 \text{ м}$$

Довжина:

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L'_1 = H'_1 * n = 2,78 * 1 = 2,78 м$$

$$L'_2 = H'_2 * n = 1,25 * 1 = 1,25 м$$

$$L'_3 = H'_3 * n = 1,15 * 1 = 1,15 м$$

Орієнтовне число труб у фронтальному перетині пучка:

$$Z_{II'1} = H' / S_1 = 2,78 / 0,085 = 32,7 = 33 шт$$

$$Z_{II'2} = H' / S_1 = 1,25 / 0,085 = 14,7 = 15 шт$$

$$Z_{II'3} = H' / S_1 = 1,15 / 0,085 = 13,6 = 14 шт$$

Число труб впоперек потоку повітря округлюємо до цілого значення.

Ширина:

$$H_1 = Z_{II'1} * S_1 = 33 * 0,085 = 2,8 м$$

$$H_2 = Z_{II'2} * S_1 = 15 * 0,085 = 1,275 м$$

$$H_3 = Z_{II'3} * S_1 = 14 * 0,085 = 1,19 м$$

Довжина:

$$L_1 = F_{\phi 1} / H_1 = 7,72 / 2,8 = 2,76 м$$

$$L_2 = F_{\phi 2} / H_2 = 5,49 / 1,275 = 4,31 м$$

$$L_3 = F_{\phi 3} / H_3 = 4,61 / 1,19 = 3,87 м$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині повітроохолоджувача:

$$n_{ж1} = F_{ж1} / f_{ж} = 2,195 / 2,9 * 10^{-4} = 7569 шт$$

$$n_{ж2} = F_{ж2} / f_{ж} = 1,56 / 2,9 * 10^{-4} = 5380 шт$$

$$n_{ж3} = F_{ж3} / f_{ж} = 1,31 / 2,9 * 10^{-4} = 4517 шт$$

Площа сухої зовнішньої поверхні одного ряду труб у фронтальному перетині повітроохолоджувача:

$$F_{H1} = f_H * n_{ж} = 8,98 * 10^{-3} * 7569 = 68 м^2$$

$$F_{H2} = f_H * n_{ж2} = 8,98 * 10^{-3} * 5380 = 48 м^2$$

$$F_{H3} = f_H * n_{ж3} = 8,98 * 10^{-3} * 4517 = 41 м^2$$

Орієнтовне число труб по ходу повітря в повітроохолоджувачі:

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{\text{пп}1} = F_H / F_{H1} = 220 / 68 = 3,24 \text{ м}$$

$$Z_{\text{пп}2} = F_H / F_{H2} = 162 / 48 = 3,375 \text{ м}$$

$$Z_{\text{пп}3} = F_H / F_{H3} = 131,2 / 41 = 3,2 \text{ м}$$

Розрахункові параметри теплообмінної секції повітроохолоджувача
сумарна довжина труб апарату:

$$\Sigma L_1 = L * Z_{\text{п1}} * Z_{\text{пп1}} = 1,5 * 33 * 4 = 198 \text{ м}$$

$$\Sigma L_2 = L * Z_{\text{п2}} * Z_{\text{пп2}} = 1,5 * 15 * 4 = 90 \text{ м}$$

$$\Sigma L_3 = L * Z_{\text{п3}} * Z_{\text{пп3}} = 1,5 * 14 * 4 = 84 \text{ м}$$

площа зовнішньої поверхні:

$$F_{\text{д1}} = \Sigma L_1 * \pi * d_{\text{вн}} * \beta = 198 * 3,14 * 0,02 * 12 = 149 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{д2}} = \Sigma L_2 * \pi * d_{\text{вн}} * \beta = 90 * 3,14 * 0,02 * 12 = 68 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{д3}} = \Sigma L_3 * \pi * d_{\text{вн}} * \beta = 84 * 3,14 * 0,02 * 12 = 63 \text{ м}^2$$

глибина секції;

$$B = S_2 * Z_{\text{пп}} = 0,085 * 4 = 0,34 \text{ м}$$

По Графікам Н-V напірно-витратних характеристик вентиляторів
ВО-12-303-6,3 забезпечуюча розрахункова витрата повітря $V_B = 2,5 \text{ м}^3 / \text{с} * 2$
при фіксованому натиску $H=125 \text{ Па}$ $N = 0,55 \text{ кВт} * 2$

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Розрахунок повітряного конденсатора

Для конденсатора з повітряним охолодженням приймаємо конструкцію з пластичастим ребренням, рис.3

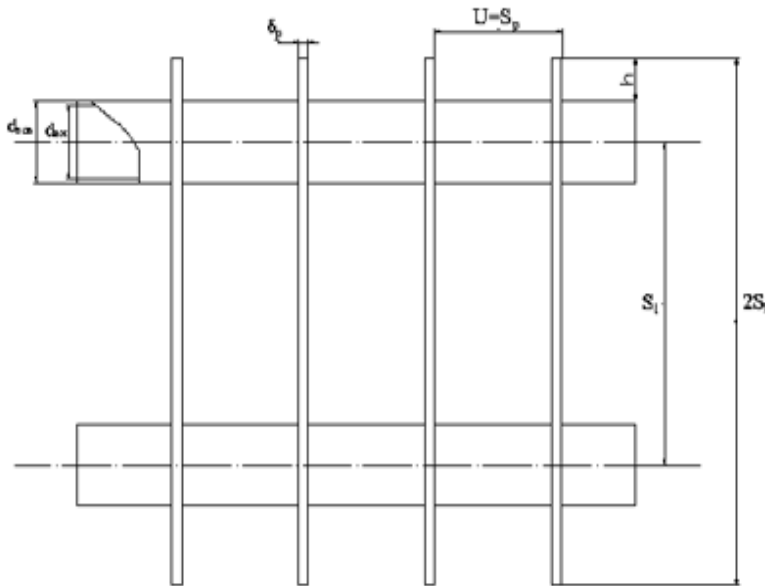


Рисунок.3. Теплообмінна секція

Визначаємо вихідні дані для розрахунку

- теплове навантаження $Q_k=37,4$ кВт
- температура конденсації $t_k=40$ °C
- холодильний агент R404 a
- розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{зов}=30$ °C
- відносна вологість зовнішнього повітря $\varphi=50\%$
- основні розміри елементів ребреної поверхні
- зовнішній діаметр труби $d_{зв}=0.015$ м
- внутрішній діаметр труби $d_{вн}=0.013$ м
- ребра пластинчаті алюмінієві
- шаг ребер $S_p=0.004$ м
- товщина ребер $\delta_p=0.0004$ м
- умовна висота ребра $h_p=0.028$ м
- крок труби по фронту повітря $S_1=0.028$ м
- крок труби по фронту повітря $S_2=0.028$ м

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- Матеріал труб - мідь (Cu)
- матеріал ребер - алюміній (Al)
- розташування труб у пучку – коридорне
- характеристики труб обрано за даними виробника Flincoil

Задаємося різницею температур повітря на вході 30 °С, та на виході з конденсатора 36 °С

$$\Delta t = 36 - 30 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

1. Визначаємо логарифмічну різницю температур:

$$\Theta = \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{t_k - t_n}{\Delta t}\right)} = \frac{30}{\ln\left(\frac{10}{30}\right)} = 6.55$$

Визначаємо середнє значення температури:

$$t_{п.сер.} = (\Delta t + t_n) / 2 = (36 + 30) / 2 = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Густина $\rho = 1.102 \text{ кг/м}^3$

Теплоємність $c_p = 1.007 \text{ кДж/кг}$

$$\nu_{пар} = (13.45 + 0.0885 \cdot t_{п.сер} + 0.00013 \cdot t_{п.сер}) \cdot 10^{-6} = (13.45 + 0.0885 \cdot 33 + 0.00013 \cdot 33) \cdot 10^{-6} = 1.637 \cdot 10^{-5}$$

коефіцієнт теплопровідності повітря при температурі 36 °С

$$\lambda_{п} = 0.024 + 0.8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{п.сер} = 0.024 + 0.8 \cdot 10^{-4} \cdot 36 = 0.027 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Масова витрата повітря складає:

$$G_{п} = Q_k / c_p \cdot \Delta t = 37.4 / 1.007 \cdot 36 = 1.03 \text{ кг/с}$$

Обємна витрата повітря складає:

$$V_{п} = G_{п} / \rho = 2.152 / 1.102 = 0.94 \text{ м}^3/\text{с}$$

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Визначаємо площу живого перерізу апарата, для чого попередньо приймаємо швидкість повітря $\omega=6$ м/с

$$F_{\text{ж}} = V_{\text{п}}/\omega = 0,94/6 = 0.16$$

Визначаємо площу зовнішньої теплообмінної поверхні 1 м. труби
Поверхня труби між ребрами, розрахована для 1 м. довжини оребреної труби:

$$F_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{зов}} \cdot (1 - \delta_{\text{р}} / S_{\text{р}}) = 3.14 \cdot 0.015 \cdot (1 - 0.0004 / 0.004) = 0.042 \text{ м}^2/\text{м}$$

Поверхня ребер, розрахована для 1м довжини оребреної труби:

$$F_{\text{р}} = 2 \cdot (S_1 - \pi d_{\text{зов}}^2 / 4) \cdot 1 / S_{\text{р}} = 2 \cdot (0.028 - \pi 0.015^2 / 4) \cdot 1 / 0.028 = 0.304 \text{ м}^2/\text{м}$$

3. Зовнішня поверхня оребреної труби довжиною 1 м.

$$F_3 = F_{\text{тр}} + F_{\text{р}} = 0.042 + 0.304 = 0.346 \text{ м}^2/\text{м}$$

Зовнішня поверхня 1м. гладкої труби:

$$F_0 = \pi \cdot d_{\text{зов}} = 3.14 \cdot 0.015 = 0.047 \text{ м}^2/\text{м}$$

4. Еквівалентний діаметр міжтрубної-ребристої ячейки для проходження повітря:

$$d_e = \frac{2 \cdot (S_1 - d_{\text{зов}}) \cdot (S_{\text{р}} - \delta_{\text{вн}})}{(S_1 - d_{\text{зов}}) + (S_{\text{р}} - \delta_{\text{вн}})} = \frac{2 \cdot (0.028 - 0.015) \cdot (0.004 - 0.0004)}{(0.028 - 0.015) + (0.004 - 0.0004)} = 5.64 \cdot 10^{-3}$$

Приймаємо кількість паралельних секцій $a=4$ і розраховуємо довжину пластин по ходу повітря.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Довжина в напрямі потоку повітря:

a - кількість рядів труб в заданому напрямі, 4

$$L = S_1 \cdot a = 0.028 \cdot 4 = 0.112 \text{ м}$$

6. Визначаємо число Рейнольдса і характер руху повітря:

$$Re = \omega \cdot d_e / \nu = 6.5.64 \cdot 10^{-3} / 1.637 \cdot 10^{-5} = 2066$$

Знаходимо коефіцієнти:

$$\begin{aligned} c_H &= 0.518 - 0.02315 \cdot (L/d_e) + 0.425 \cdot 10^{-3} \cdot (L/d_e)^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot (L/d_e)^3 \cdot (1.36 - 0.24 \cdot R/1000) = \\ &= 0.518 - 0.02315 \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3}) + 0.425 \cdot 10^{-3} \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3})^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1.36 - 0.24 \cdot 2066/1000) = 0.169 \end{aligned}$$

$$n = 0.45 + 0.0066 \cdot L/d_e = 0.45 + 0.0066 \cdot 0.112/5.64 \cdot 10^{-3} = 0.581$$

$$m = -0.028 + 0.08 \cdot R/1000 = -0.028 + 0.08 \cdot 2066/1000 = 0.137$$

$$N = c_H \cdot R^n \cdot (L/d_e)^m = 0.169 \cdot 2066^{0.581} \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3})^{0.137} = 21.48$$

коефіцієнт тепловідачі з боку повітря:

$$\alpha_k = N \cdot \lambda_{\text{п}} / d_e = 21.48 \cdot 0.027 / 5.64 \cdot 10^{-3} = 101.5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

7. Визначаємо коефіцієнт тепловідачі з боку повітря віднесений до повної оребреної поверхні труби:

λ - коефіцієнт теплопровідності, 217 Вт/м·К

$$m_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_k}{\lambda \cdot \delta_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 101.5}{217 \cdot 0.004}} = 48.36$$

$$\rho_1 = 1.28 \cdot \frac{S_1}{d_{\text{зог}}} \left(\sqrt{\frac{S_1}{S_2}} - 0.2 \right) = .28 \cdot \frac{0.028}{0.015} \left(\sqrt{\frac{0.028}{0.028}} - 0.2 \right) = 1.911$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Умовна висота ребра:

$$h_p = 0.5 \cdot d_{\text{зов}}(\rho_1 - 1) \cdot (1 + 0.35 \cdot \ln(\rho_1)) = 0.5 \cdot 0.015(1.911 - 1) \cdot (1 + 0.35 \cdot \ln(1.911)) = 0.00838 \text{ м}$$

8. Коефіцієнт ефективності ребра:

$$\Sigma_p = \frac{th(m_1 \cdot h_p)}{m_1 \cdot h_p} = \frac{th(48.36 \cdot 0.00838)}{48.36 \cdot 0.00838} = 98.83 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Визначаємо щільність теплового потоку з боку поверхні до повітря, віднесений до зовнішньої поверхні апарата. Для визначення опору мастильного забруднення:

$$\lambda_m = 0.12 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}, \delta_m = 0.0005 \text{ м}$$

Дані на трубу:

$$\lambda_{\text{тр}} = 384 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}, \delta_{\text{тр}} = 0.001 \text{ м}$$

$$\theta_{\text{пл}} = 1$$

$$q_{fn} = \frac{\Theta_{n1}}{\left(\left(\frac{1}{\alpha_{\text{н.прив.}}} \right) + \left(\frac{\delta_{\text{тр}}}{\lambda_{\text{тр}}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} \right) \left(\frac{F_p - F_{\text{тр}}}{F_o} \right) \right)} = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{98.83} \right) + \left(\frac{0.001}{384} + \frac{0.0005}{0.12} \right) \left(\frac{0.304 - 0.042}{0.047} \right) \right)} = 24.54 \text{ Вт/м}^2$$

9. Коефіцієнт тепловідачі від холодильного агента R404a до внутрішньої поверхні труби. Властивості R404a при 40 °C:

$$\text{теплота конденсації } r = 33.8 \text{ кДж/кг}$$

$$\text{густинність рідини } \rho_p = 1252 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{коефіцієнт теплопровідності } \lambda = 0.064 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

$$\text{коефіцієнт динамічної вязкості } \mu = 1.59 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta_i = 129.3 \cdot 10^3 \text{ тоді,}$$

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

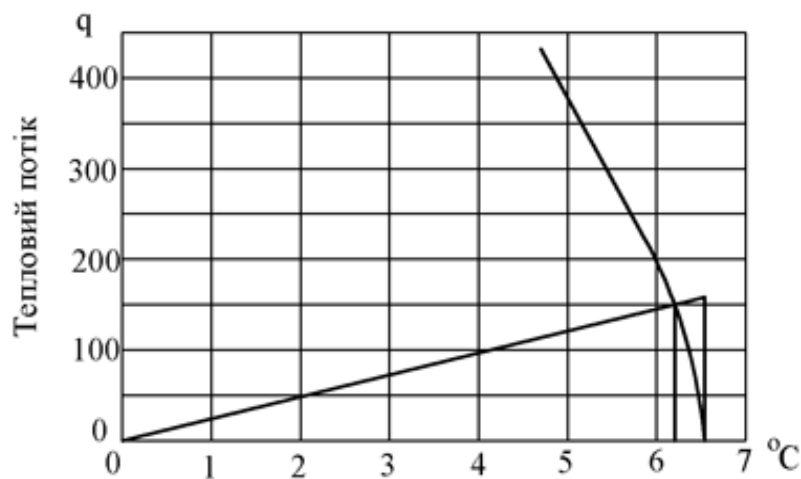
10. Питомий тепловий потік від агенту до зовнішньої поверхні $q_{af_{BH1}}$
Внутрішня поверхня труби довжиною 1м.

$$F_{BH} = \pi \cdot d_{BH} = 3.14 \cdot 0.013 = 0.041 \text{ м}^2$$

Визначаємо щільність теплового потоку з боку агента, віднесену до зовнішньої поверхні $q_{aF_{BH1}}$:

$$q_{aF_{BH1}} = \alpha_a \cdot \theta_a \cdot F_{BH} / F_{зовн} = 2211 \cdot 1 \cdot (0.0408 / 0.305) = 261,5 \text{ } \theta^{0.75}$$

11. Вирішуємо з графічного рівняння $q_{aF_{BH1}} = 261,5 \theta^{0.75}$ та $q_{F_{зп}} = 23.2(6.55 - \theta_a)$ і визначаємо щільність теплового потоку $q_{F_{зов}}$ та температурні напори з боку агента і з боку повітря. При побудові графіка спочатку викладаємо на осі ординат масштабне значення логарифмічного напору і будуємо з початку координат лінійну залежність $q_{F_{зп}} = 21.6 \cdot \theta_{п}$



12. Визначаємо зовнішню поверхню:

$$F_{зп} = Q_{к} / q_{F_{зп}} = 37400 / 141,7 = 163.87 \text{ м}^2$$

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна довжина труб в апараті:

$$\Sigma L = F_{\text{зН}} / F_{\text{зтр}} = 163.87 / 0.345 = 474,5 \text{ м}$$

$$F_{\text{жр}} = (S_1 - d_3)(S_p - \delta_p) = (0.028 - 0.015)(0.004 - 0.001) = 0.000039 \text{ м}^2$$

13. Визначаємо кількість оребрених елементів у фронтальному перетині апарата:

$$n_{\text{ре}} = F_{\text{ж}} / F_{\text{жр}} = 0.325 / 0.000039 = 8333$$

Визначаємо сумарну довжину труб у фронтальному перетині пучка

$$L_{\phi} = S_p \cdot n_{\text{ре}} = 0.004 \cdot 8333 \text{ м}$$

14. Визначаємо площу вільного фронтального перетину апарата на вході повітря:

$$S_{\phi} = F_{\text{ж}} \cdot S_1 \cdot S_p / F_{\text{жр}} = 0.325 \cdot 0.028 \cdot 0.004 / 0.000039 = 0.933 \text{ м}^2$$

Компресорно-конденсаторний агрегат BITZER LH135/44CC-12.2 укомплектовується повітряним конденсатором з двома вентиляторами потужністю 1,05 кВт кожний. Витрата повітря становить $V_B = 3,9 \text{ м}^3 / \text{с}$.

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розрахунок діаметрів трубопроводів

Для рідкого холодильного агента рекомендована швидкість (0,5-1,5) м/с.

Прийmemo швидкість 1 м/с

G - Масова витрата холодильного агента

ρ - щільність відкого холодильного агента

V - швидкість щільного холодильного агента

$\rho=638 \text{ кг/м}^3$, $V=1 \text{ м/с}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho \cdot V \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.227}{638 \cdot 1 \cdot 3.14}} = 0.021 \text{ м}$$

Для парообразного холодильного агента рекомендована швидкість для горизонтального трубопровода не менше 10 м/с. для вертикальних (12) м/с

Вертикальний участок

$\rho_1=3.46 \text{ кг/м}^3$, $V_1=12 \text{ м/с}$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_1 \cdot V_1 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.227}{3.46 \cdot 12 \cdot 3.14}} = 0.083 \text{ м,}$$

тоді при $V_2=10 \text{ м/с}$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_1 \cdot V_2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.128}{3.46 \cdot 10 \cdot 3.14}} = 0.091 \text{ м}$$

Участок на нагнітанні

$\rho_2=26 \text{ кг/м}^3$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_2 \cdot V_2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.227}{26 \cdot 10 \cdot 3.14}} = 0.034 \text{ м}$$

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Техніко-економічні показники проекту.

Вихідні дані :

Площа будівлі -360 м²

Висота будівлі - 5м

Сітка колон -6х12 м

Холодильний агент R -404 а

Тип приладів охолодження – повітроохолодники

Спосіб відведення теплоти конденсації – випарні конденсатори

Річний фонд часу роботи установки -8760 год /рік

Тарифна ставка - односторонній тариф

Вартість 1 кВт/г електроенергії – 1,68 грн

Вартість 1 кг холодоагенту -50 грн

У розділі економічних розрахунків і маркетингового аналізу представлені наступні пункти:

- маркетинговий аналіз товару, ринку;
- розрахунок капітальних вкладень;
- розрахунок річних експлуатаційних витрат;
- оцінка економічної ефективності;
- зведена таблиця техніко-економічних показників.

Проведемо класифікаційну оцінку проекту за критеріями:

- клас: мультипроект;
- тип: комерційний;
- вид: інноваційний;
- тривалість: довгостроковий;
- рівень: регіональний.

Метою проекту є будівля й оснащення необхідним устаткуванням холодильного підприємства, призначеного для тривалого зберігання фруктів, що надходять із перевалочних холодильників або безпосередньо із

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сільськогосподарських підприємств. Будівництво й оснащення холодильним устаткуванням передбачається завершити протягом восьми місяців.

Дане фруктосховище передбачається будувати в невеликому місті Арциз, що додає свої особливості. Таким чином, у даних умовах оптимальним є холодильне підприємство, орієнтоване на надання орендної площі під зберігання продукції. В основному передбачається зберігання томатів в осінньо-зимовий період при температурі в камері $+4\div 6^{\circ}\text{C}$, а в інший час, або при недостатнім завантаженні, буде провадитися здача орендної площі.

Врахування факторів маркетингового середовища.

Оцінка економічної ефективності й вибір оптимального варіанта будівництва й експлуатації холодильників неможливий без комплексного аналізу факторів зовнішнього й внутрішнього середовища й маркетингових досліджень.

Комплексний аналіз факторів маркетингового середовища повинен бути націлений на нагромадження інформації з наступних напрямків:

1) Вивчення попиту на продукцію з обліком:

- асортиментів;
- товарного виду продукції;
- сегментів потенційного ринку (село або місто, оптова торгівля або в роздріб: соціальні особливості населення; територіальне розміщення й ін.);
- сезонність продажів;
- існуючі норми споживання продукції;
- прогноз зміни цін у часі;

2) Вивчення умов конкуренції:

- обсяги виробництва й поставок аналогічного товару іншими фірмами; ціни на різних ринках залежно від товарного виду і якості;

3) Вивчення умов збуту:

- можливість і вартість використання різних транспортних коштів;
- доцільність використання посередників, різних форм торгівлі, послуг інформаційно-комерційних систем ;

4) Оцінка впливу економічного законодавства (податків, митних зборів і

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

т.д.), тарифів на енергію, плати за природні ресурси на собівартість виробництва й обробку плодоовочевої продукції.

5) Прогноз впливу інфляційних процесів на собівартість і ціну продукту.

Економічні розрахунки

Метою цього розділу є техніко-економічна оцінка пропонованого до будівництва об'єкта й доказ економічної доцільності пропонованого варіанта.

Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення в холодильний об'єкт (K_x):

$$K_x = K_{об} + K_{зд} + K_{соор} + K_{ком} = 778038 + 2700000 = 3478038 \text{ грн}$$

де $K_{об}$, $K_{зд}$, $K_{соор}$, $K_{ком}$ - капітальні вкладення, відповідно, у холодильне встаткування, будинки, спорудження, комунікації.

Розрахункову вартість устаткування становить вартість основного й іншого встаткування, що приймаємо в розмірі 10% від вартості основного.

У сумарну вартість устаткування включаються також витрати на доставку, монтаж контрольно-вимірювальних приладів, які розраховуються в % від розрахункової вартості встаткування.

Капітальні вкладення в будівництво ($K_{зд}$) розраховуються по формулі:

де F - виробнича площа, $F = 360 \text{ м}^2$;

h - висота виробничого приміщення, $h = 5 \text{ м}$.

$\Pi_{зд}$ - середня вартість 1 м^3 виробничого приміщення, $\Pi_{зд} = 1500 \text{ грн/м}^3$.

$$K_{зд} = F \cdot h \cdot \Pi_{зд} = 360 \cdot 5 \cdot 1500 = 2700000 \text{ грн.}$$

Таблиця 9.1-розрахунок вартості встаткування

№	Найменування встаткування	Тип марка	Штук	Ціна за одиницю грн.	Сумарна ціна грн.
1	К-КД агрегат	Bitzer LH135/44CC-	4	100000	400000
2	Повітроохолоджувач	Alfa Laval BFGE 405C4	1	37800	37800
3	Повітроохолоджувач	Alfa Laval BFGE 405B4	1	34000	34000
3	Повітроохолоджувач	Alfa Laval TFGE 404B4	2	40000	80000
РАЗОМ					551800

	Транспортні витрати, 10%	55180
	Вартість іншого встаткування, 10%	55180
	Монтаж, 15%	2770
	СП, 5%	7590
	Спец. роботи, 1%	518
Всього		78038

Розрахунок собівартості виробництва холоду.

Собівартість продукції на проектованому холодильнику розраховується методом калькулювання собівартості 1000 кдж холоду. Собівартість включає наступні статті витрат:

- 1) Витрати на допоміжні матеріали (холодильний агент, масло і ін.) (C_m).
- 2) Витрати на воду (C_v).
- 3) Витрати на електроенергію, споживану холодильною установкою при виробництві холоду ($C_{эл}$).
- 4) Витрати по заробітній платі (основна й додаткова з відчисленнями) виробничих працівників ($C_{зп}$)-
- 5) Амортизація холодильного встаткування й будинків (C_a).
- 6) Витрати на поточний ремонт устаткування й будинків ($C_{тр.}$)
- 7) Інші цехові витрати (заробітна плата цехового персоналу з відрахуваннями, витрати на охорону праці й техніку безпеки, опалення, висвітлення, підтримка чистоти й ін.) ($C_{ц.}$).

Визначимо кількість зробленого холоду.

Оскільки витрати на виробництво холоду при різних температурах кипіння нерівноцінні, їх варто відносити до умовної величини наведеної холодопродуктивності яка визначається як сума добутків холодопродуктивності в робочих умовах на переказний коефіцієнт.

Величина перевідного коефіцієнта з робочих умов у стандартні, може бути прийнята залежно від робочої температури кипіння.

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо виробіток холоду в умовних одиницях у робочих умовах:

Q_o - холодопродуктивність компресорів у робочих умовах, 91.2 кВт;

t - час праці компресора за рік, сек;

n - кількість компресорів даного типу.

Коефіцієнт, що враховують втрати в трубопроводах і апаратах, приймаємо при безпосереднім охолодженні залежно від температури кипіння холодильного агента – 0.85.

$$Q_{роб} = Q_o \cdot k \cdot t \cdot n = 91.2 \cdot 0.85 \cdot 31536000 \cdot 4 = 9,8 \cdot 10^8 \text{ кДж/рік}$$

Тоді, виробіток холоду на об'єкті за рік визначимо по формулі (стандартні умови):

де: k_p - коефіцієнт перекладу холодопродуктивності з робочих умов у стандартні, 0.76.

$$Q_{ст} = Q_{роб} \cdot k_p = 9,8 \cdot 10^8 \cdot 0.76 = 7,5 \cdot 10^8 \text{ кДж/рік}$$

Визначимо витрати на матеріали:

Відповідно до певного фреоноємністю системи $G_a = 0.280$ т визначаємо за графіком «Тимчасових норм ...» норму річної потреби в аміаку для системи з $t_o = 1$ °С и автоматичним випуском повітря із системи: $N = 10\%$.

Нормативну потребу в холодоагенті звітному періоді визначимо по формулі:

$G_{ам. від}$ - річне поповнення системи холодоагентом , т.

$$G_{ам. від} = N \cdot G_a / 100 = 0.280 / 100 = 0.0028 \text{ т.}$$

Розрахунок вартості річного споживання холодоагенту:

C_a – ціна холодильного агента за тонну, 50000 грн

$$C_{га} = G_{ам. від} \cdot C_a = 0.0028 \cdot 50000 = 140 \text{ грн.}$$

Річну потребу в мастильних матеріалах на заповнення віднесення можна визначити по формулі:

де g - витрата масла на І циліндр, 0,0002 кг;

z - сумарне число циліндрів всіх компресорів, 32шт.;

t - річний час роботи компресора, 8760 годин ;

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t^* - нормативний час, через яке масло повинне мінятися, година (у середньому масло міняється раз у рік, тобто $t = 5400 - 2700$ годин).

$$G_M = (g \cdot z \cdot t / 1000) \cdot t^* / 1000 = (0,0002 \cdot 32 \cdot 8760 / 1000) \cdot 8760 / 5400 = 0,091 \text{ т/год}$$

Річні витрати на масло визначимо по формулі:

C_M - ціна за 1 т мастила (з урахуванням транспортних витрат),
2500грн.

$$C_M = G_M \cdot C_M = 0,091 \cdot 2500 = 228 \text{ грн.}$$

Розрахунок загальної величини витрат на допоміжні матеріали виробляється в таблиці

№	ё	Вартість ,грн.
1	Поповнення системи холодильним агентом	140
2	Мастила	228
3	РАЗОМ:	368
4	Інші невраховані витрати (0.5% від суми вищезарахованих статей)	36
5	УСЬОГО:	404

Витрати на електроенергію для компресорної холодильної установки з електроприводом можна визначити по формулі:

де: ΣN_y - встановлена потужність холодильної установки (компресора, вентилятора, ел/дв. повітроохолоджувачів) кВт; $LN_y = 12.7 \cdot 4 + 2.1 \cdot 4 + 4 \cdot 1.5 = 65.2$ кВт

$\eta_z, \eta_e, \eta_{дон}$ - коефіцієнти завантаження електродвигуна по потужності, облік витрат електроенергії в електричних межах підприємства й витрат енергії на привод допоміжних механізмів холодильної системи, 0.85, 1.05, 1.1.

T - річний фонд часу роботи холодильної установки на підприємстві, година за рік ($T = 5000 \dots 8000$)

$C_{ел}$ - вартість 1 кВт-г електроенергії, що споживається на підприємстві, 0,38 кВт-г

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{ел}} = \sum N_y \cdot \eta_z \cdot \eta_e \cdot \eta_{\text{дол}} \cdot T \cdot C_{\text{ел}} = 65,2 \cdot 0,85 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 5000 \cdot 0,38 = 121619 \text{ грн.}$$

Розрахунок фонду заробітної плати виробничого персоналу компресорного цеху.

де Z_m - прямий місячний фонд зарплати, грн.; 12 - кількість місяців у році; 1,2 - коефіцієнт, що враховує розмір премій; 1,075 - коефіцієнт, що враховує розмір додаткової зарплати.

$$Z_r = Z_m \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 1,075, [\text{грв}]$$

Розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу й фонду зарплати зведені в таблицю

п/п	Посада	К-ть, чол.	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн.
1	Начальник комп-го цеху	1	1500	23220
2	Машиніст 5-го розряду	2	1200	18576
3	Машиніст 4-го розряду	2	1000	15480
4	Слюсар 5-го розряду	1	1000	15480
5	Прибиральниця	1	750	11610
Сумма				84366

Відрахування на фонд безробітних (1,6%), відчислення на нещасний випадок (14%), фонд тимчасової втратою роботоздатності та у пенсійний фонд (33.2%) їх всіх беремо в сумі 48,8% від річного фонду зарплати цехового персоналу

$$C_{\text{с.с.}} = 84366 \cdot 0,488 = 41170 \text{ грн.}$$

Річні амортизаційні відрахування розраховуються по формулі:

де C_a - вартість устаткування, грн.

$H_{\text{ао.}}$ - норма відрахування від вартості встаткування, 24%.

$$C_a = C_0 \cdot H_{\text{ао.}} = 576000 \cdot 0,24 = 138240 \text{ грн,}$$

Розрахунок річних витрат на поточний ремонт устаткування виконуємо:

де P_o - відсоток вартості будинку й устаткування, 8%.

					Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$C_p = C_o \cdot P_o = 576000 \cdot 0,08 = 46080$$

Витрати по охороні праці приймаємо в розмірі 2500 грн. на одного працюючого в рік:

$$C_{o.т.} = 7 \cdot 2500 = 17500 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання устаткування в чистоті, на опалення, висвітлення приймаємо в розмірі 4 % від вартості встаткування:

$$C_{сод} = 576000 \cdot 0,04 = 23040 \text{ грн.}$$

Витрати на винаходи й раціоналізацію приймаємо в розмірі 1000 грн. на кожний з обслуговуючого персоналу

$$C_{р.и.} = 1000 \cdot 6 = 6000 \text{ грн.}$$

Витрати на малоцінні і швидкозношуючі інвентар приймаємо в розмірі 1000 грн. на один працюючого

$$C_{и} = 1000 \cdot 7 = 7000 \text{ грн.}$$

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У такий спосіб цехові витрати можна визначити як:

$$C_{ц} = \Sigma Z_i + C_{с.с.} + C_a + C_p + C_{0.т.} + C_{од} + C_{р.и.} C_{и} =$$

$$84366 + 41700 + 138240 + 46080 + 17500 + 23040$$

$$+ 6000 + 7000 = 363926 \text{ грн}$$

Інші витрати приймаємо в розмірі 0,5% від інших цехових витрат.

Приводимо це в таблицю РАЗОМ: (цехова собівартість)

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Матеріали	404
2. Електроенергія	121619
3 Цехові витрати	363926
4 Інші цехові витрати	18196
РАЗОМ: (повна собівартість)	504145

Розрахунок собівартості одиниці холоду (кДж) виконуємо по формулі:

$$C_{1000} = C / Q_{ост} = 504145 / 7,5 \cdot 10^8 = 0,35 \text{ грн/т.кДж}$$

Розрахунок річного економічного ефекту.

Величина економічного ефекту (прибутку) від холодильної обробки й зберігання на даному підприємстві визначається ціною оренди 1м корисної площі камер холодильника.

Загальна корисна площа камер холодильника $F_r = 260 \text{ м}^2$.

Орієнтовна ціна оренди 1м² за місяць корисної площі - $C_a = 450 \text{ грн/м}^2$

Т.о., за рік доход від оренди, за винятком цехової собівартості складе:

$$\Sigma \Pi = F_r \cdot C_a \cdot T.о. - 504145 = 260 \cdot 450 \cdot 12 - 504145 = 899855 \text{ грн}$$

Економічна ефективність (рентабельність) капітальних вкладень:

K- капітальні вкладення в холодильне виробництво 3478038 грн.

$$\Sigma_p = \Sigma \Pi / K = 899855 / 3478038 = 0,26$$

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Охорона праці

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально - економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці - звести до мінімуму ймовірність поразки або захворювання працюючі з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих факторів.

Хладонові холодильні установки підрозділяють на 2 групи залежно від годинного обсягу , описувано поршнями компресора. При розташування в приміщенні декількох однакових компресорів (по холодопродуктивності група визначається по V_h одного компресора. У нашому випадку $V_h=0,04 \text{ м}^3/\text{з}$, віднесемо установку до групи В.

Трубопроводи холодильних установок офарблюють у кольори, що відповідає їхньому призначенню:

- усмоктувальний - у синій;
- нагнітаючий - у червоний;
- рідинні - срібlistий.

Класифікація виробництва по ступені вибухонебезпечної й пожежної небезпеки.

По пожежної, вибухонебезпечної небезпеки приміщення холодильної станції стеляться до категорії Д. Дане приміщення ставиться категорії П-III з підвищеною небезпекою поразки електричним струмом.

Властивості фреону-404а

Хладон 404а. Температура кипіння при атмосферному тиску становить – 29,8 °С.

Хладон 404а важкий, безбарвний газ із дуже слабким специфічним запахом, що відчувається при змісті хладона в повітрі більше 20% від обсягу.

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гранично припустима концентрація пар R 404a в повітрі виробничих приміщень дорівнює 3000 м²/м³. R 404a не горить, у суміші з повітрям не запалюється й не вибухає. Але при зіткненнями з нагрітими поверхнями або при наявності відкритого полум'я хладон розкладається. З утворенням токсичних речовин, утвориться водень і невелика кількість фторофосгена. Продукти розкладання не мають заходу, кольори й це збільшує небезпеку отруєння R 404a, що вимагає підвищеної герметичності системи холодильних установок.

Обслуговуючий персонал холодильної установки повинен уміти надавати першу допомогу потерпілим при отруєнні й поразці холодоагентом.

При удушенні, викликаній недовіком кисню в приміщенні, заповненому газоподібним фреоном, необхідно негайно вивести потерпілого на свіже повітря. Рекомендується питво (міцний солодкий чай, кава, лимонад), вдихання кисню протягом 30-45 хвилин. У випадку припинення подиху варто робити штучне дихання до приходу лікаря.

При влученні фреону в очі їх промивають струменем води кімнатної температури під невеликим тиском і закопують в очі стерильне вазелінове масло, після чого необхідно негайно звернутися до лікаря.

До постачання питною водою висувають наступні вимоги: температура води повинна бути 20-28°C, не повинна містити в собі шкідливих домішок.

Техніка безпеки при експлуатації встаткування. Робота компресорного встаткування пов'язана з виникненням небезпечних і шкідливих факторів, обумовлених наявністю в компресора частин, що рухаються, і високого тиску. Для безпечної експлуатації компресорів необхідно, головним чином, забезпечити їхню герметичність, раціональне змащення й достатнє охолодження. Кожний поршневий компресор повинен бути обладнаний запобіжним клапаном, установленим на лінії нагнітання. Запобіжні клапани (а так само запобіжні розривні пристрої) використовують для захисту установок від підвищення в них тиску вище межі, установленими правилами техніки безпеки.

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У посудинах і трубопроводах, призначених для різних рідин і газоподібних агресивних і неагресивних середовищ із температурами 223 - 873 К и тиском до 32 Мпа застосовують запобіжні клапани прямої дії (пружинні й важільно-вантажні).

Виконаємо розрахунок запобіжного клапана. Клапан підбирається по величині площі перетину клапана, що дорівнює найменшій площі перетину в проточній частині -Р и за значенням коефіцієнт витрати газу для даної конструкції клапана - а, що

визначається виготовлювачем, [7]:

$$F \cdot \alpha = \frac{G}{B \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}} \quad (12.1)$$

де: G - масова витрата газу через запобіжний клапан - G=0,6...1 кг/з, приймаємо рівним 0,7 кг/з;

μ - коефіцієнт витрати приймаємо 0,75

p_1 і p_2 -максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за ним, Па,

p_1 приймається на 15 % більше розрахункового, отже для проектованої установки $p_1 = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,38 \cdot 10^6 \text{ Па}$; p_2 приймаємо рівним атмосферному ($0,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$), тому що газ при виході із клапана буде попадати безпосередньо в атмосферу;

ρ - щільність середовища при тиску p_1 і температурі перед клапаном ($t=98^\circ\text{C}$), $\rho=52,83 \text{ кг/м}^3$; [1, т.24]

У - коефіцієнт розширення стікаючого струменя, приймаємо рівним $B=0,476$ [1, т.25].

$$F = \frac{0,6}{0,75 \cdot 0,476 \sqrt{2 \cdot 75,5 (1,4 \cdot 10^6 - 0,1 \cdot 10^6)}} = 9,76 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,76 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 1,1 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_y=15 \text{ мм}$

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правила безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском посудина, що працює під тиском - герметично закрита ємність, призначена для проведення хімічних і теплових процесів.

На всі посудини й апарати холодильних установок незалежно від виду застосовуваного холодоагенту поширюються Правила пристрою й безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, затверджені Гостехнадзором.

Найбільш частими причинами аварій і вибухів посудин, що працюють під тиском, є перевищення гранично припустимого тиску, порушення температурного режиму, втрата посудиною механічної міцності, порушення технологічного режиму роботи. Недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу й відсутність необхідного технологічного нагляду.

Будь-які посудини, що працюють під тиском, виготовляють на підприємствах, що розташовують відповідною технічною базою й мають дозволом інспекції Гостехнадзора на їхнє виготовлення.

Всі посудини, що працюють під тиском, до їхнього пуску в роботу повинні бути зареєстровані в органах Гостехнадзора. Посудини, що працюють під тиском, повинні піддаватися технічним оглядам: внутрішньому огляду й гідравлічним випробуванням. На посудинах холодильних установок гідравлічні випробування дозволяється замінити пневматичними на пробний тиск. Внутрішній огляд посудин холодильних установок

через їхню конструкцію замінюється пневматичними випробуваннями. Об проведені випробування роблять запис у паспорт посудини.

Електробезпе́чність устаткування.

Електробезпе́чність - це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля й статичної електрики. Основними мірами захисту від поразки електричним струмом є: забезпечення неприступності струмоведучих частин, що перебувають під напругою, для випадкового дотику; електричний поділ мережі; усунення небезпеки

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поразки з появою напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, відключенням і ін.; застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і пристосувань; організація безпечної експлуатації електроустановок.

Класифікація приміщень по ступені поразки електричним струмом

Всі приміщення діляться по ступені поразки людей електричним струмом на три класи:

1. без підвищеної небезпеки
2. с підвищеною небезпекою
3. особливо небезпечні

Приміщення без підвищеної небезпеки - це сухі, беспильные приміщення з нормальною температурою повітря й з ізолюючими (наприклад, дерев'яними) підлогами, тобто в які відсутньої умови, властиві приміщенням з підвищеною небезпекою й особливо небезпечним.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю одного з наступних п'яти умов, що створюють підвищену небезпеку:

вогкості, коли відносна вологість повітря довгостроково перевищує 75%; такі приміщення називають сирими;

високої температури, коли температура повітря довгостроково (понад добу) перевищує +35 °С; такі приміщення називають жаркими;

струмопровідного пилу, коли за умовами виробництва в приміщеннях виділяється те до провідний технологічний пил (наприклад, вугільна, металева, і т.п.) у такій кількості, що вона осідає на проводах, проникає усередину машин, апаратів т т.п.; такі приміщення називають курними зі струмопровідним пилом; струмопровідних підлог металевих, земляних, залізобетонних, цегельних і т.п.;

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливості одночасного дотику людини з маючого з'єднання із землею металоконструкціям будинків, технологічним апаратам, механізмам і т.п., з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншої.

Приміщення особливо небезпечні характеризуються наявністю одного з наступних трьох умов, що створюють особливу небезпеку:

особливої вологості, коли відносна вологість повітря близька до 100% (стіни, підлога й предмети, що перебувають у приміщенні, покриті вологою); такі приміщення називають особливо сирими;

хімічно активного або органічного середовища, тобто приміщення, у яких постійно або протягом тривалого часу втримуються агресивні пари, гази, рідини, що утворюють відкладення або цвіль, що діють руйнуючі на ізоляцію й струмоведучі частини електроустаткування; такі приміщення називають приміщеннями з хімічно активним або органічним середовищем;

одночасної наявності двох або більше умов, властивих приміщенням з підвищеною небезпекою.

Класифікація встаткування по ПУЕ.

ПУЕ регламентує пристрій електроустаткування у виробничих приміщеннях і для зовнішніх технологічних установок. Вибір і установку електроустаткування роблять відповідно до цих правил на основі класифікації вибухонебезпечних зон і сумішей.

Зона класу В-1. До неї відносять приміщення, у яких можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші пар і газів з повітрям при нормальних умовах роботи

Зона класу В-1а, У цю зону входять приміщення, у яких вибухонебезпечні суміші не утворюються при нормальних умовах експлуатації встаткування, але можуть утворитися при аваріях або несправностях.

Зона класу В-1б. До цього класу відносять:

а) приміщення, у яких можуть утримуватися горючі пари й гази з високою нижньою межею запалення (15% і більше), що володіють різким заходом

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

б) приміщення, у яких можливе утворення лише локальних вибухонебезпечних сумішей в обсязі менш 5% приміщення.

Зона класу В-1м У цю зону входять зовнішні установки, у яких перебувають вибухонебезпечні гази, пари й ЛВЖ

Зона класу В-П, До неї відносять приміщення, у яких виробляється обробка горючих пилів і волокон, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям при нормальних режимах роботи.

Зона класу В-Па. У цю зону входять приміщення, у яких вибухонебезпечні пылевоздушные суміші можуть утворюватися в результаті аварій і несправностей.

Приміщення й установки, у яких утримуються ГЖ і горючі пили, нижня концентраційна межа яких вище 63г/м^3 , відносять до пожароопасним і класифікують у такий спосіб.

Зона класу П-1. До неї відносять приміщення, у яких утримуються ГЖ.

Зона класу П-П. У цю зону входять приміщення, у яких утримуються горючі пили з нижньою концентраційною межею вище 65г/м^3 .

Зона класу П-Па. До неї відносять приміщення, у яких утримуються тверді горючі речовини, не здатні переходити у зважений стан.

Установки класу П-Ш. До них відносять зовнішні установки, у яких утримуються ГЖ (з температурою спалаху вище 61°C) або тверді горючі речовини.

Устаткування по класифікації вибухонебезпечні зони сумішей ставиться до зони класу В-1б (б)

Електробезпечність устаткування.

Електробезпечність - це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги й електромагнітного поля.

Приміщення машинного відділення по ступені небезпеки поразки електричним струмом відносно до приміщень із підвищеною небезпекою. Електричним струмом ставляться до приміщень із підвищеною небезпекою.

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В машинному відділенні є струмопровідні підлоги й досить тісно розташована технологічне встаткування.

До основних технічних засобів, що забезпечують безпека робіт в електроустановках, відносять: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, захисне відключення, електричне поділ мережі, застосування малої напруги, огороження й блокування, ізоляцію струмоведучих частин, застосування підвищеної частоти, електрозахисні засоби.

Використання цих засобів у різних сполученнях дозволяє забезпечити захист людей від дотику до струмоведучих частин, від небезпечного переходу напруги на неструмоведучі частини, від крокових напруг і т.п.

Найчастіше використовують захисне заземлення. Захисним заземленням називають навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою. Воно призначено для усунення поразки електричним струмом у випадку дотику до неструмоведучих металевих частин електроустановки, оказавшись під напругою.

Гранично припустимий опір заземлення в електроустановках з напругою до 1000 У не повинне перевищувати 4 Ом у будь-який час року (R_4 Ом). При цьому струм, що проходить через тіло людини < 0.05 А. [2]

Вибираємо тип і геометричні розміри заземлень: контурне - $l = 2$ м; $d = 40$ мм. Відстань між вертикальними заземленнями вибираємо рівним

$$L = 1 \text{ м.}$$

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{расч.}} = \rho_{\text{физ.}} \cdot \psi, \text{ де} \quad (10.7)$$

$$\rho_{\text{физ.}} = 80 \text{ Ом} - \text{питомий опір ґрунту; [1]}$$

$$\psi = 2 - \text{кліматичний коефіцієнт. [1]}$$

$$\rho_{\text{расч.}} = \rho_{\text{физ.}} \cdot \psi = 2 \cdot 80 = 160 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$R_{\text{стр.}}$ - опір одного вертикального заземлителя з урахуванням опору ґрунту.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

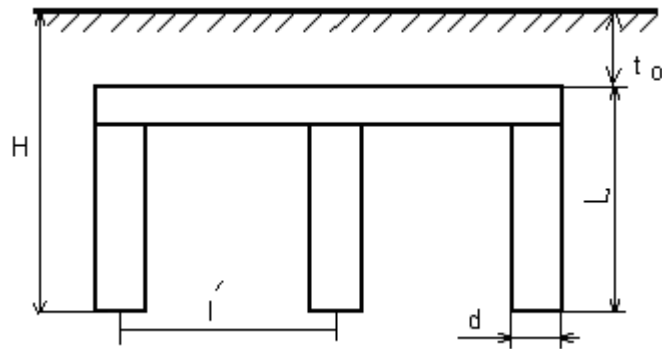


рис. 10.1

$$R_{стр.} = \frac{\rho_{расч.}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right), \text{Ом} \quad (10.8)$$

$$d = 40 \text{ мм}, \quad l = 2 \text{ м}, \quad t_0 = 1, \quad H = L/2 + t_0 = 1.5 \text{ м}$$

$$R_{стр.} = \frac{160}{2 \cdot \pi \cdot 1} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0.04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1.5 + 1}{4 \cdot 1.5 - 1} \right) = 63, \text{ Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

$$n_{расч.} = \frac{R_{стр.}}{R_{расч.}} \quad (10.9)$$

$$n_{расч.} = \frac{63}{4} = 16 = 20, \text{ шт}$$

Визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{СВ} = \frac{R_{стр.}}{\eta \cdot n} = \frac{63}{20 \cdot 0.6} = 5.25, \text{ Ом} \quad (10.10)$$

η - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів [1, т.20]

Довжина сполучної смуги при розміщенні по контурі

Опір смуги з урахуванням опору ґрунт

$$R_{пол.} = \frac{\rho_{расч.}}{\eta \cdot 2\pi \cdot l_{пол.}} \ln \frac{l_{пол.}^2}{d \cdot t_0} = \frac{160}{0.55 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 88} \ln \frac{88 \cdot 2}{0.02 \cdot 0.05} = 5.14, \text{ Ом} \quad (10.11)$$

Загальний опір всієї системи

$$R_{общ.} = \frac{R_{общ.ст.} \cdot R_{пол.}}{R_{общ.ст.} + R_{пол.}} = \frac{5.14 \cdot 5.25}{5.14 + 5.25} = 2.6, \text{ Ом} \quad (10.12)$$

$$R_{общ.} < R_{дон}$$

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежна профілактика

Заходу щодо пожежної профілактики підрозділяють на:

Організаційні - передуматриваючіе правильну експлуатацію машин, правильний зміст будинків, території, протипожежний інструктаж робітників та службовців і т.д.

Технічні - передуматриваючіе дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будинків, при пристрої електропроводів і встаткування, опалення, вентиляції, висвітлення, правильне розміщення встаткування.

Режимні - передуматриваючіе заборону паління в не встановлених місцях
Експлуатаційні - профілактичні огляди, що передбачають своєчасні, ремонти й випробування технологічного встаткування. [1]

Матеріали, застосовувані для конструкцій, що обгороджують, і обробки приміщень, повинні бути вогнестійкими. У будинку повинне бути передбачене не менш двох евакуаційних виходів. У приміщеннях необхідно обмежити застосування дерева. Проходи, коридори й робочі місця не слід захаращувати архівними матеріалами, папером і т.д. У системі вентиляції повинні бути передбачені клапани для перекриття воздуховодов при пожежі. Повітроводи, вентиляційні камери й регулюючі пристрої систем виконуються з неспалених матеріалів.

Пожежна автоматична сигналізація.

Найбільш ефективним засобом боротьби з пожежею на обчислювальному центрі є установка на них системи електричної пожежної сигналізації.

Пожежна електрична сигналізація служить для швидкого повідомлення служби пожежної охорони про виниклу пожежу в якому-небудь приміщенні або спорудженні підприємства. У системи автоматичного пожежогасіння включається також і пожежна сигналізація. При необхідності пожежна сигналізація може бути сполучена з охоронною сигналізацією.

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система автоматичної пожежної сигналізації складається з извещателей-датчиков, установлюваних у приміщеннях, що захищають від пожежі, прийомної станції (розташованої в приміщенні пожежної команди), джерел електроживлення й електричної мережі, що зв'язують извещатели із прийомною станцією.

Системи автоматичного пожежогасіння.

Серед автоматичних систем пожежогасіння на промислових підприємствах найпоширеніші спринклерні й дренчерные установки. Вони являють собою розділену розподільну водогінну мережу з розпилювача водяних струменів або повітряно-механічної піни за допомогою спринклерних або дренчерных голівок.

Спринклерна розпилююча голівка має вихідний отвір, закритий скляним клапаном, утримуваним замком, виготовленим з легкоплавкого металевго сплаву.

При підвищенні температури повітря, нагрітого полум'ям пожежі, що почалося, внаслідок розплавлення сплаву замок розпадається й звільняє клапан, через який вода, падаючи на розетку, розпорошується й зрошує палаючу речовину. Сплав замка застосовують із температурою плавлення 72, 93, 141, 182 °С у залежності від умов можливого загоряння. Одночасно за допомогою контрольно-сигнального апарата подається звуковий сигнал, возвещающий про пожежу.

Дренчерні установки групової дії також складаються з розгалужі трубопроводів, обладнаних дренчерними розпилювачами голівками, але без замків, з відкритими отворами для виходу води. Вихід води закритий клапаном групової дії. Пуск води для гасіння пожежі може здійснюватися вручну або автоматично.

Виробнича санітарія.

Норми по виробничій санітарії й гігієні праці визначають пристрій виробничих і побутових приміщень, робочих місць відповідно до фізіології й гігієною праці, а також безпечні межі змісту в повітрі виробничих приміщень газів, пар і т.д.

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правила й норми по техніці безпеки й виробничої санітарії необхідно дотримувати як при проектуванні, так і при експлуатації промислових об'єктів, устаткування.

Розрахунок продуктивності вентиляції.

Вентиляція призначена для запобігання нагромадження в повітрі приміщення шкідливих речовин, а також для забезпечення заданих метеорологічних умов у виробничому приміщенні. Вона досягається видаленням із приміщення забрудненого повітря (витяжна вентиляція) і подачею в нього свіжого повітря (припливна вентиляція). У загальному випадку ці кількості повітря повинні бути рівні. Можливості вентиляції по відводу тепла із приміщення обмежені температурою зовнішнього повітря. По способі переміщення повітря розрізняють природну й штучну вентиляцію, а так само змішану.

Для проектного необхідний пристрій аварійної вентиляції, тому що можливо раптове надходження в повітря більших кількостей шкідливих речовин (при витoku холодоагенту). Для розрахунку продуктивності вентиляції необхідно знати кількість шкідливих речовин, що попадають у повітря робочої зони. Кількість повітря, необхідного для вентиляції можна визначити, знаючи кількість шкідливих речовин, що виділяються, і їхньої концентрації в що видаляє й приточном повітрі. Для зразкових розрахунків використаємо метод кратності:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (12.2)$$

де k – коефіцієнт кратності, $1/\text{година}$,

V – обсяг приміщення, м^3 ,

Коефіцієнти кратності вентиляції представлені в наступній таблиці:

Речовина	Витяжка	Приплив	Аварійна витяжка
Фреони	4	3	4

Обсяг цеху становить

$$V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3 \quad (12.3)$$

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де A – довжина цеху, $A = 12$ м;

U – ширина цеху, $B = 24$ м;

H – висота цеху, $H = 5$ м.

$$L = 12 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 3,5 = 5040 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Потужність електродвигуна вентилятора визначається по формулі:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент.}} \cdot \eta_{\text{перед.}}}, \text{ квт.} \quad (12.4)$$

де H – аеродинамічний опір приймаємо 250 Па.

k - коефіцієнт запасу, приймаємо 1,5

$$\eta_{\text{вент.}} = 0,6 \div 0,8, \text{ приймаємо } \eta_{\text{вент.}} = 0,7,$$

$$\eta_{\text{перед.}} = 0,9 \div 1, \text{ приймаємо } \eta_{\text{перед.}} = 0,95.$$

Тоді потужність електродвигуна вентилятора:

$$N = \frac{1,5 \cdot 1260 \cdot 5040 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,8 \text{ квт}$$

$DO = 3$ кратність притяжної вентилляції

$$L = 3 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 24 = 4320 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ необхідний воздухообмен}$$

$$N = \frac{1,5 \cdot 960 \cdot 4320 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,3 \text{ квт}$$

$DO = 4$ кратність аварійної вентилляції

Установлюємо вентилятори (2 шт. робочих; 1 резервний для аварійної вентилляції). Відповідно до виконаного розрахунку по каталозі вибираємо підходящий вентилятор. ЦИ – 70 №5 $N_y = 0,55$ $n = 915$ обмін.

Розрахунок виробничого освітлення.

Правильно спроектоване й виконане освітлення на будь-якім підприємстві забезпечує можливість правильної виробничої діяльності. Стан нервової системи, схоронність зору людини й безпека на виробництві значною мірою залежить від умов освітлення. Із цієї причини необхідно зробити розрахунок системи штучного висвітлення приміщення, у якому перебувають робітники, що стежать за роботою встаткування в машинному відділенні пересувної рефрижераторної установки.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок системи штучного висвітлення проводимо при наступних вихідних даних:

Довжина цеху, $A = 12,0 \text{ м}$;

Ширина цеху, $B = 24,0 \text{ м}$;

висота підвісу світильника $h = 4,5 \text{ м}$;

напруга в мережі $V = 220 \text{ В}$.

До початку розрахунку необхідно зробити вибір джерел світла, тип світильників, систему освітлення. Вибираємо як джерело світла газорозрядні лампи. Система освітлення - загальна. Вибираємо світильники типу ПВЛП. Далі розподіляємо світильники й визначаємо їхню кількість.

Забезпечення рівномірного розподілу джерела досягається в тому випадку, якщо відношення відстані між центрами світильників (L) до висоти їхнього підвісу над робочою поверхнею ($h_{\text{роб}}$) становить певне число для типу світильників.

У цьому випадку приймаємо $\frac{L}{h_{\text{роб}}} = 1,2$

Приймаємо $h_{\text{роб}} = 4,5 \text{ м}$, тоді $L = 5,25 \text{ м}$

Визначаємо кількість необхідних світильників:

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \quad (12.5)$$

$$N = \frac{12,0 \cdot 24,0}{5,25^2} = 9,6 \approx 10 \text{ світильника}$$

Визначаємо світловий потік ламп світильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot \kappa \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (12.6)$$

де E_n – мінімальна нормована освітлення, приймаємо $E_n = 100 \text{ лк}[1]$,

S – площа приміщення, $S = 288,0 \text{ м}^2$,

κ – коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп, $\kappa = 1,3$, [1].

z - відношення середньої освітленості до мінімального,

$z = 1,1$ (для люмінесцентних ламп),

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η - коефіцієнт використання світлового потоку, що залежить від величини i - індексу приміщення [1].

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{раб.}} \cdot (A + B)}, \quad (12.7)$$

$$i = \frac{12,0 \cdot 24,0}{4,5 \cdot (12,0 + 24,0)} = 1,8$$

$$\Phi = \frac{100 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 1.3 \cdot 1.1}{9 \cdot 1.8} = 25422 \text{ лм}$$

Відповідно до виконаного розрахунку вибираємо 5 світильників із трьома лампами ($n=2$) ЛБ 80 ($r=80$ Вт) зі світловим потоком 5220 лм.

Потужність електросветильной установки:

$$R = r \cdot N \cdot n = 80 \cdot 9 \cdot 2 = 1440 \text{ Вт.}$$

Долікарняна допомога потерпілому.

У випадку отруєння робочою речовиною холодильної установки потерпілого потрібно вивести на свіже повітря або в чисте тепле приміщення, зняти з нього забруднений холодильним агентом одяг, простежити, щоб подих його було вільним, і надати йому повний спокій.

У всіх випадках отруєння давати вдихати кисень (протягом 30 - 45 хв.) і зігрівати хворого грілками. При цьому потрібно дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків, тому що при глибокому сні можливе зниження болючої чутливості. Добре дати міцний солодкий чай або кава. Якщо буде потреба дати вдихати з ватки нашатирний спирт.

При роздратуванні слизуватої оболонки рекомендується полоскати горло й промивати ніс 2 % - ним розчином соди або водою. Незалежно від стану пострадавшего він повинен бути відправлений до лікаря. При удушенні й кашлі хворого варто транспортувати лежачи

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При влученні фреону в очі їх потрібно промити струменем чистої води й до приходу лікаря надягти темні захисні окуляри. Не можна забинтовувати ока й накладати пов'язку.

У випадку влучення фреону на шкіру щоб уникнути обмороження варто обробити уражена ділянка теплою водою (35 - 40 °C), а у випадку поразки великої частини тіла зробити загальну ванну. Витираючи тіло після ванни, потрібно прикладати добре вбирає воду рушник, а не розтирати її. Після цього на ушкоджену ділянку накладають пов'язку з маззю (Вишневського або пенициллиновой). Можна використати несолоне вершкове або соняшникове масло.

Перша долікарняна допомога при нещасних випадках від електричного струму полягає у виконанні наступних дій:

-звільнення потерпілого від дії струму (відключити електроустановку, перерубати проведення, скинути з його проведення за допомогою дерев'яного цівка й т.д.);

-надати першу медичну допомогу (спокій, свіже повітря, при необхідності зробити штучне дихання, зовнішній масаж серця, госпіталізація).

Висновок:

В Україні на даний момент погано виконуються права людини, а тим більше її безпекою паці при виробництві, тому необхідно приймати рішення для профілактики та покращенню умов праці в цій сфері. Розглянуті питання охорони праці дозволяють покращити самопочуття людей, умови праці, а також приводять до зниження виробництво травматизму, професійних захворювань.

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Цивільний захист

Тема: Забезпечення стійкості роботи промислових підприємств в умовах надзвичайних ситуацій

Під стійкістю роботи об'єкта народного господарства розуміється здатність об'єкта випускати встановлені види продукції в обсягах і номенклатурах, передбачених відповідними планами (для об'єктів, що не виробляють матеріальні цінності - транспорт, зв'язок і ін. - виконувати свої функції), в умовах надзвичайних ситуацій, а також пристосованість цього об'єкта до відновлення у випадку ушкодження.

Заходу щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта насамперед повинні бути спрямовані на захист робітників та службовців від наслідків Надзвичайних ситуацій; вони тісно пов'язані із заходами щодо підготовки й проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт у осередках ураження, тому що без людських резервів і успішної ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у осередках ураження проводити заходи щодо забезпечення ефектної роботи об'єктів народного господарства практично неможливо.

Для дослідження підготовки об'єкта до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій, оцінки фізичної стійкості й розробки заходів залучаються інженерно-технічний персонал і працівники штабу ЦО об'єкта; у необхідних випадках - співробітники або групи (відділи) науково-дослідних і проектних організацій, пов'язаних з роботою підприємства. Загальне керівництво дослідженнями здійснює начальник ЦО (директор) підприємства. Його наказом визначаються робочі групи для дослідження й розробки заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій(НС). Одночасно розробляється й затверджується план проведення

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досліджень. Керівництво робочими групами покладається на головного інженера об'єкта, при якому створюється група керівництва дослідженням, робочі групи звичайно відповідають основним виробничо-технічним службам об'єкта.

На промислових об'єктах, як правило, створюються робочі групи по дослідженню стійкості:

- будинків і споруджень, старший групи - заступник директори по капітальному будівництву (начальник ОКС);
- комунально-енергетичних мереж, старший групи - головний енергетик;
- верстатного й технологічного встаткування, старший групи - головний механік;
- технологічного процесу, старший групи - головний технолог;
- керування виробництвом, старший групи - начальник виробничого відділу; .
- матеріально-технічного постачання й транспорту, старший групи заступник директора по МТС (начальник відділу МТС).

Крім того, створюється група штабу ЦО об'єкта, у яку входять керівники основних служб об'єкта.

Ці групи проводять всю розрахункову роботу з дослідження стійкості роботи об'єкта. Залежно від особливостей об'єкта, його розмірів і складності виробництва число груп, їхній склад і завдання можуть мінятися. Кінцева мета таких досліджень - оцінка стійкості роботи об'єкта в умовах НС і вишукування найбільш ефективних і економічно виправданих шляхів і способів її підвищення.

На першому етапі дослідження проводиться аналіз уразливості промислового об'єкта й оцінка стійкості його роботи в умовах НС. На другому етапі - розробляються заходи щодо підвищення стійкості й завчасній підготовці об'єкта до відновлення.

У результаті вивчення всіх питань у робочих групах і проведення головним інженером разом з керівниками груп попереднього обговорення підсумків досліджень групою керівництва складається звітна доповідь і план-графік

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нарощування заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах НС. У кожному розділі плану вказуються заходи, виконувані об'єктом, проектними й іншими організаціями. У плані або додатках до нього вказуються обсяг і вартість запланованих робіт, джерела фінансування, основні матеріали і їхня кількість, машини й механізми, робоча сила, відповідальні виконавці, строки виконання й т.д.

Цей план-графік кожного об'єкта затверджується директором підприємства, надається на затвердження у вищестоящий виробничий орган (наприклад, в об'єднання, головком), у який входить об'єкт.

Таким чином, дослідження стійкості - це неодноразова дія, а тривалий, динамічний процес, що вимагає постійної уваги з боку керівництва, інженерно-технічного персоналу й штабу ЦО об'єкта.

Дослідження стійкості починається з вивчення факторів, що впливають на стійкість роботи об'єкта у воєнний час.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства включає будинки й спорудження, у яких розміщуються виробничі цехи, верстатне й технологічне встаткування; спорудження енергетичного господарства, системи енергопостачання; інженерні й паливні комунікації; окремо варті технологічні установки; мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку й управління; складське господарство; різні будинки й спорудження адміністративного, побутового й господарського призначення. Підвищення стійкості роботи об'єкта буде, власне кажучи, досягатися шляхом посилення найбільш слабких (уразливих) елементів і ділянок об'єкта. Для цього на кожному об'єкті завчасно на основі дослідження планується й проводиться великий обсяг робіт, що включає виконання організаційних і інженерно-технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних заходів.

Досягнення сучасної науки й техніки, дозволяють здійснювати такі рішення, при яких підприємство буде стійко до впливу на нього навіть досить значних надлишкових тисків. Однак це пов'язане з великими витратами засобів і

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалів, які можуть бути виправдані тільки гострою необхідністю захисту унікальних, особливо важливих елементів об'єкта.

До розробки заходів щодо підвищення стійкості треба підходити досить обдуманно, всебічно оцінюючи їх технічну, господарську і економічну доцільність. Заходи будуть економічно обґрунтовані в тому випадку, якщо вони максимально пов'язані із завданнями, розв'язуваними у звичайних умовах з метою забезпечення безаварійної роботи об'єкта, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Прикладами таких рішень можуть служити: використання сховищ для народногосподарських цілей і обслуговування населення; будівництво підземних ємностей для горючих, отруйних і агресивних рідин і газів та ін. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, тому що в процесі проектування в багатьох випадках можна домогтися логічного сполучення загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їхню реалізацію. На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості їхньої роботи доцільно проводити в процесі реконструкції або виконання інших ремонтно-будівельних робіт.

Основні заходи в рішенні завдань підвищення стійкості роботи промислових об'єктів:

- . захист робітників та службовців від зброї масового ураження;
- . підвищення міцності й стійкості найважливіших елементів об'єктів і вдосконалювання технологічного процесу;
- . підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- . підвищення стійкості управління об'єктом;
- . розробка заходів щодо зменшення ймовірності виникнення вторинних факторів ураження й збитку від них;
- . підготовка до відновлення виробництва після ураження об'єкта.

Розробка й здійснення заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в більшості випадків проводиться у звичайних умовах. Та частина робіт,

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання яких проводиться в умовах НС, планується завчасно, а виконується при погрозі виникнення НС.

При рішенні завдань підвищення стійкості роботи об'єкта особлива увага звертається на забезпечення укриття всіх працюючих людей у захисних спорудженнях. З метою виконання цього завдання розробляється план оснащення й будівництва необхідної кількості захисних споруджень, яким передбачається укриття робітників та службовців у швидкостроючих сховищах у випадку недоліку сховищів, що відповідають сучасним вимогам.

Посилення міцності будинків, споруджень, устаткування і їхніх конструкцій пов'язане з великими витратами, тому підвищення характеристик доцільно в тому випадку, якщо:

окремі особливо важливі виробничі будинки й спорудження значно слабкіше інших і їхню міцність доцільно довести до загальноприйнятого для даного підприємства межі стійкості;

необхідно зберегти деякі важливі ділянки (цеха), які можуть самостійно функціонувати при виході з ладу інших.

Підвищення стійкості систем енергопостачання відіграє значну роль у життєдіяльності промислових районів і об'єктів народного господарства. Підвищення стійкості системи енергопостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів.

Інженерні й енергетичні комунікації переносяться в підземні колектори, найбільш відповідальні пристрої (центральні диспетчерські розподільні пункти) розміщуються в підвальних приміщеннях будинків або в спеціально побудованих міцних спорудженнях. На тих підприємствах, де укладання комунікацій, що підводять, у траншеях або тунелях не представляється можливим, виробляється кріплення трубопроводів до естакад, щоб уникнути їхнього зрушення або скидання. Потім зміцнюють самі естакади шляхом установки, що врівноважують їх у місцях поворотів і розгалужень. Дерев'яні опори замінюють на металеві й залізобетонні.

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт, а також виробництва на початку після виникнення НС (у випадку виводу з ладу основних джерел енергоживлення) створюється резерв автономних джерел електро- і водопостачання. Звичайно це бувають пересувні електростанції й насосні агрегати з автономними двигунами, наприклад із двигунами внутрішнього згоряння.

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищується шляхом підключення його до декількох джерел живлення, роздільним один від іншого на відстань, що виключає можливість їхньої одночасної поразки одним ядерним вибухом.

На об'єктах, що мають теплові електростанції, обладнують пристосування для роботи ТЕЦ на різних видах палива, вживають заходів по створенню запасів твердого й рідкого палива, його укриттю й посиленню конструкцій сховищ горючих матеріалів.

У мережах електропостачання проводяться заходи щодо перекладу повітряних ліній електропередач на підземні, а ліній, прокладених по стінах і перекриттях будинків і споруджень - на лінії, прокладені під підлогою перших поверхів (у спеціальних каналах).

При монтажі нових і реконструкції електричних мереж установлюють автоматичні вимикачі, які при коротких замиканнях і при утворенні перенапруг відключають ушкоджені ділянки. Перенапруги в лініях електропередач можуть виникати в результаті руйнувань або ушкоджень окремих елементів системи енергопостачання об'єкта, а також при впливі електромагнітних полів ядерного вибуху.

Велике значення для підвищення стійкості роботи об'єкта має надійне постачання його водою. Припинення подачі води може привести до

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призупинення виробничого процесу й припиненню випуску продукції навіть тоді, коли об'єкт народного господарства не буде зруйнований швидких займань.

Водопостачання об'єкта буде більше стійким і надійним у тому випадку, якщо об'єкт забезпечується від декількох систем або від двох-трьох незалежних вододжерел, відокремлених один від одного на безпечну відстань. Гарантоване постачання водою може бути забезпечено тільки від захищеного джерела з автономним і теж захищеним джерелом енергії. До таких джерел відносять артезіанські й безнапірні шпари, які приєднуються до загальної системи водопостачання об'єкта. При плануванні заходів необхідно враховувати, що дебіт цих джерел не повністю забезпечує потреби виробництва й ведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт.

Для більшої надійності й маневреності на випадок аварії або ремонту на об'єктах створюються обвідні лінії й улаштовуються перемички, якими подають воду в обхід ушкоджених ділянок, зруйнованих будинків і споруджень. Пожежні гідранти й пристрої, що відключають, розміщаються на території, що не буде завалена у випадку руйнування будинків і споруджень. Впроваджуються автоматичні й напівавтоматичні пристрої, які відключають ушкоджені ділянки без порушення роботи іншої частини мережі.

На об'єктах, що споживають велику кількість води, застосовується оборотне водопостачання з повторним використанням води для технічних цілей. Така технологія зменшує загальну потребу води й, отже, підвищує стійкість водопостачання об'єкта.

У містах і на об'єктах народного господарства вода, призначена для вживання, очищається й знезаражується в очисних пристроях, що перебувають на водопровідних станціях. В очисних спорудженнях передбачаються додаткові заходи щодо очищення води, що надходить із заражених водойм, від радіоактивних і отруйних речовин і бактеріальних забруднень.

						Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У населених пунктах сільської місцевості широко поширені підземні джерела води (шахтні колодязі, джерела й ін.). У них можуть проникнути радіоактивні й отруйні речовини й різні види бактерій. Тому проводяться інженерні заходи щодо захисту водозаборів на підземних джерелах води.

Для забезпечення стійкого й надійного постачання підприємства газом передбачається його подача в газову мережу об'єкта від газорегулюючих пунктів (газорозподільчих станцій). При проектуванні, будівництві й реконструкції газових мереж створюються за кільцьовані системи на кожному об'єкті народного господарства. На випадок виходу з ладу газорегулюючих пунктів і газорозподільчих станцій устатковуються (байпаси). Всі вузли й лінії газопостачання розташовуються, як правило, під землею, тому що заглиблення комунікацій, значно зменшує можливість поразки від ударної хвилі ядерного вибуху й інших наслідків НС. Крім того, укриття систем газопостачання під землею значно знижує можливість виникнення вторинних факторів поразки.

Для зменшення пожежної небезпеки проводяться заходи, що знижують можливість витоку газу. На газопроводах устатковуються автоматичні запірні пристрої, що перемикаються від, дистанційного керування, що дозволяє відключати мережі або перемикати потік газу при розриві труб безпосередньо з диспетчерського пункту.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства включає будинки й спорудження, у яких розміщуються виробничі цехи, верстатне й технологічне встаткування; спорудження енергетичного господарства, системи енергопостачання; інженерні й паливні комунікації; окремо варті технологічні установки; мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку й управління; складське господарство; різні будинки й спорудження адміністративного, побутового й господарського призначення. Підвищення стійкості роботи об'єкта буде, власне кажучи, досягатися шляхом посилення найбільш слабких (уразливих) елементів і ділянок об'єкта. Для цього на кожному об'єкті завчасно на основі дослідження планується й проводиться великий обсяг робіт, що включає

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

виконання організаційних і інженерно-технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних заходів.

Досягнення сучасної науки й техніки, дозволяють здійснювати такі рішення, при яких підприємство буде стійко до впливу на нього навіть досить значних надлишкових тисків. Однак це пов'язане з великими витратами засобів і матеріалів, які можуть бути виправдані тільки гострою необхідністю захисту унікальних, особливо важливих елементів об'єкта.

До розробки заходів щодо підвищення стійкості треба підходити досить обдуманно, всебічно оцінюючи їх технічну, господарську і економічну доцільність. Заходи будуть економічно обґрунтовані в тому випадку, якщо вони максимально пов'язані із завданнями, розв'язуваними у звичайних умовах з метою забезпечення безаварійної роботи об'єкта, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу.

Прикладами таких рішень можуть служити: використання сховищ для народногосподарських цілей і обслуговування населення; будівництво підземних ємностей для горючих, отруйних і агресивних рідин і газів та ін. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, тому що в процесі проектування в багатьох випадках можна домогтися логічного сполучення загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їхню реалізацію. На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості їхньої роботи доцільно проводити в процесі реконструкції або виконання інших ремонтно-будівельних робіт.

Підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкта, це – важливий показник стійкості його роботи, готовність об'єкта в короткий термін відновити випуск продукції. Чим вище ця готовність, тим скоріше може бути відновлене виробництво продукції після поразки об'єкта, тим стійкіше й надійніше оцінюється його робота в умовах НС.

У результаті виникнення НС об'єкт може одержати повний, сильний, середній або слабкий ступінь руйнування. При одержанні об'єктом повних або сильних руйнувань навряд чи буде доцільно знову налагоджувати виробництво

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в умовах НС. При одержанні ж об'єктом слабких або середніх руйнувань відновлення виробництва цілком реально. До відновлення виробництва після таких руйнувань об'єкт і його персонал готують завчасно.

Як правило, плани й проекти відновлення виробництва розробляються у двох варіантах - на випадок одержання об'єктом слабких і середніх руйнувань. Для цих умов визначаються характер і обсяг першочергових відновлювальних робіт.

У розрахунках по відновленню будинків і споруджень указуються характер руйнування (ушкодження), перелік і загальний обсяг відновлювальних робіт (вартість, трудомісткість, строки відновлення); потреби робочої сили, приваблювані будівельні підрозділи об'єкта й обслуговуючий об'єкт організації; потреби в матеріалах, машинах і механізмах і ін. У розрахунках на ремонт устаткування вказуються: вид устаткування і його кількість, перелік ремонтно-відновлюваних робіт і їхня вартість, необхідна робоча сила, матеріали й запчастини, строки відновлення.

При визначенні часу на проведення відновлювальних робіт ураховується можливість радіоактивного зараження території об'єкта, а при застосуванні хімічної зброї застій отруйних речовин. Все це може відсунути строки початку робіт і знизити їхні темпи.

Відновлення об'єкта можливо при збереженні розроблених проектів, будівельної й технічної документації: планів, схем, інструкцій, технічних умов, керівництв з експлуатації й ремонту будинків і споруджень, технологічних і енергетичних ліній, агрегатів, устаткування, приладів і ін.

Висновок: завчасне планування будови об'єкта із забезпеченням вимог щодо підвищення стійкості роботи значно знизить витрати. Заходи щодо підвищення стійкості роботи промислових підприємств, які визначені у розділі, дозволяють продовжити безперервне виробництво продукції в умовах надзвичайних ситуацій.

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Список використаних джерел

1. Свердлов Г.З., Явнель Б.К. "Курсовое и дипломное проектирование."
2. Чумак И.Г., Никулина Д.Г. "Холодильные установки проектирование. ", Вища школа, 1988.
3. Курилев, Герасимов "Примеры и расчеты холодильных установок."
4. С.Н. Богданов, О.П. Иванов, А.В. Куприянова "Холодильная техника. Свойства веществ. Справочник. " Л.: Машиностроение, 1976 і 1985.
5. Данилова "Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности."
6. Н.Н. Кошкин "Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин" Л.: Машиностроение, 1976.
7. И.А. Самойлов, В.Г. Игнатьев "Охрана труда при обслуживании холодильных установок. " М.: Агропромиздат, 1989.
8. Ужанский В. С. "Автоматизация холодильных машин и установок, М.: Легкая и пищевая промышленность", 1982.
9. Ляковский А. В. Методические указания к выполнению раздела "Автоматизация криогенных машин и установок", ОГАХ, 1993.
10. "Методические указания по расчету экономической эффективности строительства, реконструкции холодильных предприятий в курсовом и дипломном проектировании. ", ОГАХ, 1999.
11. Атаманюк В.Г. "Гражданская оборона".
12. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз та проектування енергетичних систем» для студентів СВО «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання / Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В., Яковлева О.Ю. – Одеса: ОНТУ, 2022 р. – 164 с.
13. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст]: підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарєва; Одес. нац. акад. харч. технологій, — Одеса, 2018. — 228 с.

						Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]