

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Проект холодильника овочесховища для
зберігання овочів місткістю 1100 т

Здобувача Подоусов Є.І.
4 курсу ЕН-141 групи
Керівник к.т.н., доц. Яковлева О.Ю.
Консультанти: д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

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

Подоусов Євгеній Ігорович

1. Тема роботи Проект холодильника овочесховища для зберігання овочів місткістю 1100 т

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
Овочесховище місткістю 1100 т. Будівля холодильника одноповерхова з висотою камер 6 м, з сіткою колон 9х12 м. У 5-х камерах з температурним режимом $t_k=2$ °С і Відносній вологості повітря камери $\phi_k=0.9$ передбачається тривале зберігання капусти. В якості холодильного агента було прийнято аміак R 717.

4. Перелік питань, які потрібно розробити
Реферат, Вступ, 1. Техніко-економічне обґрунтування проекту, 2. Визначення Будівельної площі камер холодильника, 3. Визначення товщини теплоізоляції камер, 4. Розрахунок теплового навантаження камер, 5. Тепловий розрахунок холодильної системи, 6. Розрахунок повітряного конденсатора, 7. Розрахунок повітроохолоджувача, 8. Підбір компресорів та допоміжного устаткування, 9. Розрахунок магістральних трубопроводів, 10. Охорона праці, Список використаної літератури, Специфікації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. План холодильника, 2. Розрізи холодильника, 3. Схема розводки трубопроводів по камерам, 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 Яковлева О.Ю.

Завдання прийняв до виконання Подоусов Є.І.

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 проекту	20.04-25.04.2023	
4	Визначення будівельної площі камер холодильника	26.04-30.04.2023	
5	Визначення товщини теплоізоляції камер	01.05-04.05.2023	
6	Розрахунок теплового навантаження камер	05.05-10.05.2023	
7	Тепловий розрахунок холодильної системи	12.05-15.05.2023	
8	Розрахунок повітряного конденсатора	16.05-17.05.2023	
9	Розрахунок повітроохолоджувача	20.05-23.05.2023	
10	Підбір компресорів та допоміжного устаткування	20.05-23.05.2023	
11	Розрахунок магістральних трубопроводів	23.05-25.05.2023	
12	Охорона праці	17.05-22.05.2023	
13	Список використаної літератури	25.05-26.05.2023	
14	Специфікації	26.05-27.05.2023	
15	Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи	27.06-01.06.2023	

Здобувач-дипломник Подоусов Є.І.

Керівник роботи Яковлева О.Ю.

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 Подоусов Євгеній Ігорович

ЗМІСТ

	стор.
Реферат.....	5
Вступ.....	6
1 Техніко-економічне обґрунтування проекту.....	10
2 Визначення будівельної площі камер холодильника	23
3 Розрахунок товщини теплоізоляції камер	24
4 Визначення теплового навантаження камер	27
5 Тепловий розрахунок холодильної системи.....	37
6 Розрахунок повітряного конденсатора	41
7 Розрахунок повітроохолоджувача	47
8 Підбір компресорів та допоміжного устаткування.....	57
9 Розрахунок магістральних трубопроводів.....	60
10 Охорона праці.....	61
Список використаної літератури.....	80
Специфікації.....	81

					КРБ.ХУКП.1.490-03.1.4					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильника овочесховища для зберігання овочів місткістю 1100 т	Літ.	Аркуш	Аркушів		
						4	81			
Розроб.		Подоусов Є.І.				ОНТУ гр. ЕН-141				
Перевір.		Яковлева О.Ю.								
Реценз.										
Н. Контр.		Яковлева О.Ю.								

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 81 сторінок друкованого тексту, 15 рисунків, 17 таблиць, 8 посилань на літературні джерела. В кваліфікаційній роботі вирішено задачу розробки холодильника овочесховища призначеного для зберігання овочів місткістю 1100 тон.

Холодильна установка овочесховища, яка є об'єктом даного дослідження, розташована у південній Україні, в Одеській області в м. Одеса.

Будівля холодильника одноповерхова з висотою камер 6 м, з сіткою колон 9x12 м. У 5-х камерах з температурним режимом $t_k=2$ °C і відносній вологості повітря камери $\phi_k=0.9$ передбачається тривале зберігання капусти.

В якості холодильного агента було прийнято аміак R 717. Система холодопостачання спроектованого холодильника – централізована. Підібрано теплоізоляційну конструкцію на основі ПСБ-С, і, виходячи з повного завантаження камер, розраховано сумарні теплопритоки. За цими даними та проведенням тепловим розрахунком підібрані компресорні агрегати фірми Bitzer, теплообмінні апарати фірми Alfa-Laval.

Ключові слова: холодильна установка – овочесховище – холодильний ланцюг – аміак

ABSTRACT

The qualification work consists of: 81 pages of printed text, 15 figures, 17 tables, 8 references to literary sources. The problem of developing a refrigerator was solved in the qualification work. a vegetable warehouse designed for storing vegetables with a capacity of 1,100 tons.

The refrigerating plant of the vegetable storage, which is the object of this study, is located in southern Ukraine, in the Odesa region, in the city of Odesa.

The refrigerator building is one-story with a height of 6 m chambers, with a grid of 9x12 m columns. Long-term storage of cabbage is expected in 5 chambers with a temperature regime of $t_c=2$ °C and a relative air humidity of the chamber $\phi_c=0.9$.

Ammonia R 717 was used as a refrigerant. The cooling system of the designed refrigerator is centralized. A heat-insulating structure based on PSB-S was selected, and based on the full loading of the chambers, the total heat inflows were calculated. Based on these data and the heat calculation, Bitzer compressor units and Alfa-Laval heat exchangers were selected.

Key words: refrigerating plant - vegetable storage - refrigerating chain - ammonia

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

ВСТУП

Холодильне обладнання з'явилося в житті людини відносно недавно. Звичайно, ще кілька тисячоліть тому наші предки використовували як холодильного обладнання (холодильних складів) льоху і різні пристосування, де температура була значно нижче, ніж температура навколишнього середовища. Поява першої холодильної установки в 1850 році призвело до того, що винахідники почали замислюватися про створення холодильних камер для промислового застосування. Холодильне обладнання у промислових масштабах веде точку відліку з 1857 року, однак перші холодильні установки були недосконалі. Холодильні камери другої половини 19 століття були не вигідні для масового використання. Холодильне обладнання стало користуватися популярністю у споживачів з 1927 року, коли була випущена перша побутова модель холодильника. Фреон в технологічному процесі роботи холодильного обладнання почав застосовуватися з 1930 року. Холодильні камери стали переможно крокувати по світу. Статистичні дані говорять про те, що 98% споживачів (сімей) США в шістдесяті роки минулого століття мали вдома холодильне обладнання або морозильні камери. У нашій країні кількість сімей - щасливих володарів холодильників або холодильних камер склало всього лише близько 5%. З початком масового виробництва холодильного обладнання, в тому числі холодильних камер для промислового застосування, з'явився попит на фахівців, які займаються експлуатацією та обслуговуванням холодильних установок. Холодильне обладнання у промислових масштабах застосовується повсюдно: холодильні установки для шокової заморозки стоять на всіх великих підприємствах, які займаються випуском напівфабрикатів: пельменів, котлет, млинчиків і пр. Справжні холодильні склади, величезні за площею, зберігають тонни напівфабрикатів і бистропортящихся продуктів.

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

Шокова заморозка в ХОЛОДИЛЬНОМУ обладнанні дозволяє миттєво заморожувати воду в продуктах, утворюючи кристали, тим саамам холодильні камери шокового заморожування зупиняють процес розмноження бактерій, сприяю збереження поживних речовин і мікроелементів. Холодильні камери на виробництві випускаються провідними виробниками холодильного обладнання в світі, є також бездоганні, різні за варіативному рішенням холодильні установки - вітрини для зберігання продуктів. Спеціальний склад скла на зовнішній поверхні холодильника, застосування пластика, використуваного для харчових цілей, робить такі холодильні вітрини (ХОЛОДИЛЬНЕ ОБОДНАННЯ) популярними в торгових залах маркетів і підприємств громадського харчування. Холодильні склади оснащують оптові продуктові бази, їх створення і було обумовлено необхідністю зберігати величезну кількість замороженої продукції протягом тривалого періоду часу. Холодильні установки складаються з випарника і компресора, хладагента, конденсату і терморегулюючого вентиля. У більшості холодильних установках передача тепла заснована на конденсації і випаровуванні. Холодильна установка працює за рахунок безперервного циклу хладагента в системі, що і створює необхідний діапазон температур для зберігання продуктів в холодильних камерах і на холодильних складах. Холодильні склади обслуговуються майстрами за ремонти великого холодильного обладнання постійно. Основна причина поломки холодильного обладнання - витік фреону, який є холодоагентом. Майстри завжди діагностують поломки, що відбулися на холодильних складах або неполадки роботи холодильного устаткування. Відомо, що холодильне обладнання класифікується як компресійне, абсорбція, термоелектричне холодильне устаткування і холодильні установки з вихровим охолоджувачем.

Флодоовочесховища бувають стаціонарного типу (склади-будівлі) і тимчасового (бурти і траншеї). Плоди зберігають тільки в стаціонарних спорудах. Сховища стаціонарного типу для овочів і плодів класифікують за

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

спеціалізацією, місткістю, ступенем заглиблення в землю і наявністю огорожу вальних пристроїв. До спеціалізованих складів відносять овочесховища і фруктосховища; до вузькоспеціалізованих — сховища для картоплі, капусти, цибулі тощо.

Спеціалізовані і вузькоспеціалізовані сховища можуть бути малої місткості — до 500 т, середньої місткості — від 500 до 2 тис. т, великої місткості — понад 2 тис. т. Великі плодоовочеві бази (на 40—80 тис. т), як правило, є універсальними і призначаються не тільки для зберігання картоплі, овочів, фруктів, а й для квасіння, соління овочів, маринування, фасування продуктів, виробництва різних плодоовочевих готових виробів.

Будівлі плодоовочесховищ бувають наземні і заземлені. Заземлені сховища порівняно з наземними більш зручні для підтримання необхідної температури, вологості і виконання завантажувальних операцій безпосередньо із залізничних вагонів або автомашин через люки.

Плодоовочесховища можуть бути не охолоджувані і охолоджувані (з природними або штучними джерелами холоду).

Сучасні стаціонарні сховища для овочів і плодів споруджуються зі збірного залізобетону і цегли. Сітка колон у сховищах береться 6х6 або 6 х 9 м. Для спорудження фундаментів застосовуються залізобетонні балки, стін — залізобетонні панелі з термоізоляцією, покриттів — збірний залізобетон з термоізоляцією. У сховищах з доброю теплоізоляцією забезпечується краще регулювання температури, вологості повітря і запобігається конденсації водяних парів із внутрішнього боку покрівлі.

У будівлях сховищ розміщуються оперативні і деякі обслуговуючі приміщення. Адміністративно-побутові і допоміжні приміщення розташовуються переважно в ізольованих будівлях. Перелік оперативних приміщень залежить від спеціалізації, місткості сховищ, характеру й обсягу виконуваних операцій. У великих фруктосховищах є експедиції, камери для зберігання свіжих продуктів, приміщення для охолодження, дозрівання й дефростації фруктів.

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

У таких сховищах з одного боку будівлі передбачається критий залізничний дебаркадер, а з другого — закрита й утеплена автомобільна платформа.

До підсобно-технічних приміщень охолоджуваних сховищ належать: машинне відділення з компресорними установками, котельня, вентиляційна камера тощо. У сховищах використовується повітряне охолодження за допомогою повітроохолоджувачів і розсільно-батареїне.

Найбільш досконалою вентиляцією для зберігання є активна, або притоко-витяжна, при якій чисте повітря за допомогою електровентиляторів подається всередину сховища та продувається через товщу продукту. Попередньо це повітря може доводитися спеціальними пристроями до потрібної температури і вологості. Застосування активної вентиляції знижує втрати картоплі з 10—15 до 5—6%, дозволяє збільшити висоту завантаження від 1,4—1,6 до 3 м.

Застосування контейнерів для зберігання картоплі, овочів і плодів сприяє механізації завантаження, транспортування до місць зберігання й всередині сховищ, калібрування, сортування і подавання продуктів для навантаження на автомашини.

Для зберігання картоплі й овочів використовуються також склади тимчасового типу: бурти і траншеї. Бурти влаштовуються на сухих, підвищених місцях, де не збираються атмосферні опади і ґрунтові води проходять на відстані не менш як 14 м від поверхні землі. У землі роблять заглиблення завдовжки 15—20 м, завширшки 1,7—2 м і завглибшки 0,2 м. Бурти розміщують з урахуванням напрямку вітру, для того щоб у зимовий період вони менше охолоджувались.

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

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Метою даної роботи є розробка проекту овочесховища, призначеного для зберігання капусти місткістю 1100 тонн, розташованого в місті Одеса. Компонівка овочесховища включає камери схову, залізничну і автомобільну рампу, компресорний цех і допоміжні приміщення для обробки овочів і для персоналу. У відповідності з необхідними умовами зберігання капусти приймаємо температуру повітря камер $t_k=2$ °С і відносну вологість повітря камери $\varphi_k=0.9$.

Обмін речовин з навколишнім середовищем у овочів супроводжується рядом біохімічних і фізіологічних процесів. З них найбільш важливими є дихання і випаровування вологи. В процесі дихання відбувається розпад вуглеводів, органічних кислот і інших органічних речовин, що супроводжується поглинанням кисню, виділенням вуглекислого газу, води і тепло і зменшенням ваги овочів. В результаті звільняється енергія, необхідна рослинним організмам для виконання їх життєвих функцій. Унаслідок поглинання кисню і виділення вуглекислого газу змінюється склад зовнішнього середовища. Інтенсивність дихання різна для різних видів плодів і може служити біологічним показником, вказуючим на придатність їх для тривалого зберігання. Із збільшенням інтенсивності дихання терміни зберігання зменшуються. При підвищенні температури навколишнього середовища дихання овочів посилюється. На посилення активності також сильно впливають і коливання температури при зберіганні, тому підтримка постійної температури в камері, за інших рівних умов, забезпечує мінімальні втрати ваги і якості продукту. Також підтримці постійної температури і вологості повітря в камері сприяє його циркуляція в приміщенні.

При зберіганні капусти на сучасних холодильниках картонну або дерев'яну тару з плодами укладають на стоечних палетах в 4-7 ряди у висоту. Потім палети встановлюються одна на іншу, утворюючи штабель.

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

Штабелі компонуються на площі підлоги камери відповідно до проектного рішення так, щоб залишалися проходи для контролю стану плодів, проїзди для проведення вантажно-розвантажувальних робіт і забезпечувалася циркуляція повітря в камері, відповідно до системи розподілу повітря.

Вид упаковки, характер укладення упаковки на піддоні і самих піддонів в штабель, планування штабелів на вантажній площі камер і їх розмір, тип системи розподілу повітря і умови обслуговування системи, яка охолоджує, є визначальними факторами в рішенні проблеми гарантованого збереження якості продукції.

ВИМОГИ ДО КАПУСТИ, ЗАКЛАДАЮТЬ НА ЗБЕРІГАННЯ

Капусту, які закладаються на зберігання, повинні бути не нижче 2-го товарного сорту згідно з ГОСТ 21122, 1-го товарного сорту згідно з ГОСТ 16270 або згідно з ГОСТ 27572. Капусту, які закладаються на тривале зберігання, повинні відповідати додатковим вимогам, зазначеним в додатку 1.

Стан зрілості при збиранні визначають за сукупністю наступних ознак:

- 1) легкість відділення плода від плодушки;
- 2) забарвлення шкірки плодів;
- 3) ступінь побуріння насіння;
- 4) ступінь гідролізу крохмалю в плодах по йод-крохмальної пробі;
- 5) вік плодів, який визначається від масового цвітіння до збирання і (або) за сумою активних (вище 5 ° С) температур за цей період.

Конкретні значення цих ознак приймають по нормативно-технічній документації, затвердженій в установленому порядку для відповідної зони (району, місця) вирощування.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИМОГИ ДО МІСЦЯ ЗБЕРІГАННЯ

Камера до початку завантаження капусти повинна бути приведена в технічний і санітарний стан, що відповідає вимогам нормативної, проектної, експлуатаційної документації та вимогам цього стандарту, а також атестована в установленому порядку.

Перед завантаженням охолоджуючі батареї, змонтовані на стінах камери, повинні бути екрановані, наприклад, поліетиленовою плівкою по ГОСТ 10354. Верхній край екрана повинен знаходитися на рівні охолоджуючої батареї, а нижній - на відстані 0,5-0,6 м від підлоги. Відстань від екрана до охолоджувальної батареї - від 0,15 до 0,20 м.

Перед завантаженням капустою камера повинна бути охолоджена до температури повітря в ній мінус 1-0 ° С. За температуру повітря в камері приймають середнє арифметичне значення результатів вимірювань не менше ніж в трьох контрольних точках по п.5.2.2 в кожному циклі вимірювань.

УМОВИ СКЛАДУВАННЯ

У кожену камеру завантажують партії капусти одного помологічного сорту згідно з ГОСТ 21122, ГОСТ 16270 або ГОСТ 27572.

Допускається зберігання в одній камері партій капусти різних помологіческих і товарних сортів, які потребують однакових умов і режимів зберігання, що не викликають функціональні захворювання і розлади один одного, однакові за ступенем зрілості і термінів лежкості. Кожна партія капусти повинна бути розміщена окремо.

При завантаженні в одну камеру партій капусти, різняться за термінами зберігання, партії з меншим терміном зберігання розміщують ближче до місця розвантаження.

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

Для завантаження камери капостою, упакованими в ящики, формують пакети на плоских піддонах по ГОСТ 9557, укладаючи їх п'ятерик по 20-25 шт. на кожен піддон.

Довжина виступаючих частин пакета ящиків з кожного боку плоского піддона - не більше 0,04 м.

Пакети ящиків на піддонах, піддони ящиків і спеціальні контейнери встановлюють в камерах штабелями висотою: пакети ящиків - не більше трьох ярусів, піддони ящиків і спеціальні контейнери - не більше восьми ярусів.

Відстань між низом виступаючих конструкцій стелі камери і верхом штабеля має бути не менше 0,3 м, а при наявності змонтованих на стелі повітропроводів, охолоджуючих і (або) опалювальних приладів відстань між нижнім рівнем їх розташування і верхом штабеля - не менше 0,8 м ;

- відстань від стін камери, що не мають змонтованих на них охолоджуючих і (або) опалювальних приладів, до штабелів повинна бути не менше 0,3 м, а при наявності таких приладів відстань між ними і штабелями - не менше 0,8 м;

- відстань між штабелями однієї партії має бути 0,05-0,10 м, а між різними партіями - не менше 0,60 м;

- в камері шириною до 12 м біля однієї зі стін по її довжині слід залишати прохід шириною 0,6-0,7 м, а в камері шириною більше 12 м - центральний проїзд шириною 2-3 м.

Тривалість повного завантаження камери капостою не повинна перевищувати 5 діб.

На кожній партії капусти в камері прикріплюють на видному місці паспорт із зазначенням:

1) номери документа про якість при прийманні, а також сертифіката про зміст токсикантів в капусти і дотримання регламентів застосування пестицидів;

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

- 2) постачальника;
- 3) помологічного сорту;
- 4) товарного сорту;
- 5) маси партії (брутто, нетто), кг;
- 6) дати завантаження;
- 7) терміну зберігання.

При зберіганні в місцях заготівлі додатково вказують (крім капусти, що заготовляються у населення): дату знімання, квартал саду, вид післязбиральної обробки.

ФІЗИЧНІ УМОВИ І РЕЖИМ ЗБЕРІГАННЯ

Після закінчення завантаження капусти температуру повітря в камері не більше ніж за 2 доби доводять до нормативних значень, якщо інші значення цієї температури не встановлені в нормативно-технічній документації, затвердженої в установленому порядку для відповідної зони (району, місця) вирощування (наприклад, в республіканських стандартах), при цьому допускається зміна температури повітря в камері в діапазоні не більше 2 ° С.

Режим зберігання, встановлений для кожного помологічного сорту постійний протягом усього періоду зберігання і протягом першого місяця з дня виходу камери на заданий режим температура повітря в камері повинна бути 2-4 ° С, другого місяця 1-3 ° С, наступних місяців зберігання 0-2 ° С.

Температура повітря в холодній точці вільного простору корисного об'єму камери повинна бути не нижче зазначеного в табл.1 нижньої межі температури повітря в камері для даного помологічного сорту.

Відносна вологість повітря в камері повинна бути 90-95%. За відносну вологість повітря в камері приймається середнє арифметичне результатів визначень, отриманих в контрольних точках в кожному циклі вимірювань.

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

Відносна вологість повітря в "холодній" точці вільного простору корисного об'єму камери повинна бути не вище 96%.

Циркуляцію повітря в камері здійснюють в період охолодження безперервно з кратністю від 30 до 40 обсягів незавантаженої камери в 1 ч. Після закінчення періоду охолодження (через 3 доби після досягнення заданого температурного режиму) циркуляцію повітря виробляють періодично по одній годині з кратністю від 10 до 20 обсягів незавантаженої камери в годину при загальній тривалості не більше 6 годин на добу.

Обмін повітря в камерах здійснюють через повітроохолоджувач або нагрівальні прилади в перші два тижні зберігання щодня, а наступний період - через кожну добу. Кількість додається зовнішнього повітря - від 1 до 3 обсягів незавантаженої камери на добу.

Після закінчення зберігання або під час вивантаження капусти з камери забезпечують умови, що виключають конденсацію вологи на їх поверхні, наприклад, обдувають капусту теплим повітрям, доводячи температуру їх поверхні до значень на 0,5-1,5 ° С вище температури точки роси повітря приміщення, в яке вони вивантажуються.

При вивантаженні капусти з камери безпосередньо в рефрижераторне транспортний засіб їх утеплення не проводять.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Контроль якості капусти

Якість капусти перевіряють візуально після закінчення періоду охолодження, далі - не менше двох разів на місяць.

Для прогнозування стійкості капусти до хвороб (при зберіганні понад 4 міс), починаючи з другої половини призначеного строку зберігання, щомісяця від кожної партії відбирають не більше 2 кг плодів, витримують при температурі 18-20 ° С протягом 5 діб, після чого для визначення дефектів м'якоті капусти розрізають.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захворювання капусти, що виникають при зберіганні, - згідно з додатком 2.

Для визначення масової концентрації сухих розчинних речовин в клітинному соку капусти з партії, призначеної для промислової переробки, після закінчення періоду охолодження і далі - через кожні два тижні відбирають не більше 1 кг плодів. Метод визначення цього показника - по ГОСТ 27572.

Результати контролю якості капусти оформляють актом, на підставі якого приймають рішення про можливість подальшого зберігання.

Контроль умов і режимів зберігання

При контролі умов і режимів зберігання капусти перевіряють:

- 1) шляхом зовнішнього огляду технічний і санітарний стан камери, справність і наявність свідоцтв (клейм або протоколів) про перевірку контрольно-вимірювальних приладів, що забезпечують вимір значень параметрів умов і режимів зберігання;
- 2) за допомогою засобів вимірювань температуру і відносну вологість повітря в контрольних точках вільного простору корисного об'єму камери.

Кількість контрольних точок температури повітря у вільному просторі корисного об'єму камери повинно бути не менше трьох.

Перша і друга контрольні точки повинні бути розташовані в зонах, що мають мінімальне ("холодна" точка) і максимальне ("тепла" точка) значення температури.

Третя контрольна точка повинна бути розташована в середині центрального або бічного (в камері шириною до 12 м) проходу на висоті 1,5-1,6 м від рівня підлоги.

Примітка. Розташування "теплою" і "холодної" точок у вільному просторі корисного об'єму камери вказують в проектної та експлуатаційної документації на цю камеру або вносять в документацію за результатами атестації камери.

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

Відносну вологість повітря в вільному просторі корисного об'єму камери контролюють в першій і третій контрольних точках по п.5.2.2.

Контроль фізичних умов і режимів зберігання капусти слід проводити не рідше двох разів на добу. При наявності дистанційних засобів контролю - не рідше, ніж через кожні 2 ч. Результати спостережень записують в журнал.

Контроль умов і режимів зберігання слід здійснювати за допомогою стандартизованих засобів вимірювань і контролю, які пройшли державну або відомчу перевірку по ГОСТ 8.513 *, результати якої оформлені в установленому порядку.

Похибка вимірювання значень температури повітря в контрольних точках не повинна перевищувати $\pm 0,5$ ° С.

Похибка визначення (вимірювання) значень відносної вологості повітря в контрольних точках не повинна перевищувати $\pm 3\%$.

Застосовувані первинні вимірювальні перетворювачі засобів вимірювань температури повинні бути стійкі до впливу підвищеної вологості не менше ніж протягом сезону зберігання.

В якості засобів вимірювань відносної вологості повітря слід застосовувати психрометри або пьезосорбційні гігрометри.

Засоби вимірювання, що рекомендуються для застосування при контролі умов і режимів зберігання, наведені в додатку 3.

Допускається застосовувати також інші стандартизовані засоби вимірювань, похибки яких в інтервалах температури і вологості, встановлених цим стандартом.

Порядок і методики вимірювань контрольованих параметрів умов і режимів зберігання - по проектної та (або) експлуатаційної документації на камеру. У разі їх відсутності в цій документації вони повинні бути розроблені і атестовані з ГОСТ 8.010 *.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

Вимоги безпеки при зберіганні повинні відповідати ГОСТ 12.3.002. При зберіганні повинно бути передбачено усунення впливу на працюючих наступних небезпечних і шкідливих похідних чинників:

- 1) рухомих машин і механізмів;
- 2) рухомих частин виробничого обладнання;
- 3) переміщаються (падаючих) пакувальних одиниць і тари;
- 4) знижених температур поверхні обладнання, повітря робочої зони і капусти;
- 5) підвищених вологості і рухливості повітря;
- 6) розташування робочого місця щодо поверхні підлоги;
- 7) із недостатнім освітленням робочої зони;
- 8) підвищеного рівня шуму на робочому місці.

Повітря робочої зони - по ГОСТ 12.1.005. Рівень звукового тиску - по ГОСТ 12.1.003.

Перевірка стану повітряного середовища в робочій зоні повинна здійснюватися за методиками, затвердженими Міністерством охорони здоров'я СРСР. Вимоги до методик вимірювання концентрації речовин в повітрі по ГОСТ 12.1.016.

Загальні вимоги: до вживаного технологічного устаткування - по ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.049 і ГОСТ 12.2.061;

- до допоміжних пристосувань, призначених для зручності роботи і безпеки працюючих (драбини, трапи, містки та ін.), - по ГОСТ 26887, 27321, 27372;

- до вантажно-розвантажувальних робіт при зберіганні - по ГОСТ 12.3.009 і ГОСТ 12.3.020.

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

Для попередження ураження електричним струмом повинні виконуватися вимоги ГОСТ 12.1.019 і правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені Держенергонаглядом.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту - по ГОСТ 12.4.011.

Загальні вимоги безпеки до систем вентиляції та кондиціонування повітря - по ГОСТ 12.4.021.

Загальні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки камери - по ГОСТ 12.1.004.

Відходи капусти повинні бути видалені в спеціальні приміщення, пристосовані для їх короткочасного зберігання.

Вимоги безпеки повинні бути викладені в проектній та (або) експлуатаційній документації на камеру.

ДОДАТКОВІ ВИМОГИ ДО КАПУСТИ, ЗАКЛАДАЮТЬ НА ТРИВАЛЕ ЗБЕРІГАННЯ

1. Ступінь зрілості капусти при збиранні повинна бути такою, щоб забезпечити термін лежкості * цих плодів і досягнення під час тривалого зберігання або по його закінченні якості, необхідного для реалізації або переробки. Термін лежкості - тривалість зберігання, протягом якої товарний сорт партії не знижується при нормі загальних втрат від природних втрат маси і загнивання капусти не більше 10%.

Рекомендоване стан знімною зрілості капусти при збиранні - відповідно до табл.1. Термін лежкості капусти при зберіганні в місцях заготівлі - відповідно до табл.1.

Термін лежкості капусти при зберіганні в місцях призначення повинен бути менше зазначеного в табл.1, але не більше ніж на 1 міс.

Тривале зберігання капусти, термін лежкості яких відповідно до табл.1 менше 4 міс, здійснюють тільки в місцях заготівлі.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При маркуванні пакувальних одиниць додатково вказують "для тривалого зберігання", а також найменування виробника (колгосп, радгосп і т.п.).

У місцях заготівлі капусти в партіях, які закладаються на зберігання, повинні бути однорідними за ступенем зрілості (прибрані протягом не більше 5 діб), з однієї ділянки саду.

У місцях заготівлі партію капусти закладають на зберігання або в камери попереднього охолодження протягом доби з моменту знімання; в місцях призначення - протягом доби з моменту доставки в пункт призначення.

Капусту, призначені для зберігання в місцях призначення, перед завантаженням в рефрижераторні транспортні засоби повинні бути охолоджені до температури 2-8 ° С, вимірюваної в просторі між капустою, розміщеними в ящику, піддони ящиків чи спеціальному контейнері.

При поставці з гарантійними зобов'язаннями постачальник гарантує збереження якості капусти протягом гарантійного терміну зберігання при дотриманні правил навантаження і розвантаження, умов і режимів транспортування і зберігання.

Гарантійний термін зберігання капусти в місцях заготівлі, який відлічується з дня отримання, повинен бути не менше терміну лежкості відповідно до табл.1.

Гарантійний термін зберігання капусти в місцях призначення, який відлічується з дня отримання в цих місцях, повинен бути не менше терміну лежкості по п.1.3 цього додатка.

На капусту, що поставляються з гарантійними термінами зберігання, встановлюють надбавки до цін.

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

ОВОЧЕСХОВИЩА І ХОЛОДИЛЬНІ СКЛАДИ З РЕГУЛЬОВАНИМ ГАЗОВИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Овочесховища і холодильний склад являє собою окремо розташована будівля, заданих розмірів, в якому розташовуються холодильні камери зберігання і різні допоміжні приміщення, розділені перегородками. Склади обладнуються автомобільної або залізничної рампами для прийому і відпуску продукції. Рампи можуть бути критими, відкритими, зашитими холодильними сендвіч - панелями. Всі охолоджувальні камери обладнуються спеціальними теплоізоляційними дверима, тамбурами і повітряними завісами.

Каркас для холодильних складів поставляється як погрунтувати так і оцинкованим. Висока технологічність виробництва дозволяють виготовляти основні комплектуючі елементи в найкоротші терміни. Невід'ємною частиною таких приміщень як виробництво і зберігання м'ясної продукції, а також будь-яких інших продуктів харчування, є стелю підшивання, що приховує всі металоконструкції і забезпечує надійний захист від накопичення пилу в цих приміщеннях. Всі поверхні таких цехів повинні мати гладку поверхню. На поверхні не повинно накопичуватися конденсату. Вентильований тропік- це конструкція покриття над будівлею холодильного складу, що забезпечує природну вентиляцію і захист від прямих сонячних променів покрівлі. Це збільшує термін і якість експлуатації складу.

Огороджувальні конструкції овочесховищ і холодильних складів.

В якості огороджувальних конструкцій камер застосовуються теплоізоляційні "сендвіч-панелі". Ізоляційним матеріалом панелей є безпечний для озонового шару атмосфери спінений пінополіуретан, який не містить сполук CFC і HCFC. Поверхневим шаром "сендвіч-панелей" є гарячеоцинкований і пофарбований в заводських умовах сталевий лист. Для підвищення стійкості панелей внутрішню обшивку часто виконують з покриттям ПВХ і нержавіюча сталь. Ізоляційним матеріалом дверей є

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

спінений пінополіуретан, який не містить сполук CFC і HCFC. Поверхневим шаром дверей є гарячеоцинкований сталевий лист. Для щільного закривання всі двері по периметру оснащені гумовими ущільнювачами. Як правило двері мають запірний пристрій з вбудованою системою аварійного виходу, що запобігає замикання персоналу всередині камери.

Холодильну систему вибираємо централізованого типу: загальні компресора, конденсатори і допоміжне устаткування, що працюють на аміачну систему безпосереднього охолодження в кожній камері. Як охолоджує вибрана система, заснована на подачі повітря камери, охолодженого при прокачуванні через теплообмінну поверхню випарника, у воздуховод постійного тиску. Воздуховоди розташовуються по довжині камери під стелею, і охоложене повітря через щілини воздуховода з високою швидкістю струменя ежектується через штабелі, забезпечуючи тим самим оптимальні умови зберігання. Оскільки камери мають орієнтування однаковою будівельну площу, розрахунок системи, що охолоджує, вестиметься по одній камері, що має максимальні теплопритоки. Підбір компресорів і конденсаторів вестиметься по сумарному тепловому навантаженню всіх камер, виходячи з даних теплового розрахунку.

При зберіганні капусти на сучасних холодильниках картонну або дерев'яну тару з плодами укладають на стоечних палетах в 4-7 рядів у висоту. Потім палети встановлюються одна на одну, утворюючи штабель. Штабелі компонуються на площі підлоги камери відповідно до проектного рішення так, щоб залишалися проходи для контролю стану овочів, проїзди для проведення навантажувально-розвантажувальних робіт і забезпечувалася циркуляція повітря в камері, згідно системі розподілу повітря.

Вид упаковки, характер укладання упаковки на піддоні і самих піддонів в штабель, планування штабелів на вантажній площі камер і їх габарит, тип системи розподілу повітря і умови обслуговування системи, що охолоджує, є визначальними чинниками у вирішенні проблеми гарантованого збереження якості продукції.

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

2 ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА

Дані для розрахунку:

Овочесховище для зберігання капусти, місткістю $G=1100$ тонн (камери $t_k=2\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_k=0.9$), розташоване в м. Одеса ($t_n=32\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_n=0.55$).

Приймаємо норму завантаження для камер зберігання капусти в дерев'яних ящиках $g_w=0.4\text{ т/м}^3$. Тоді загальний вантажний об'єм складе:

$$V_{гр}=G/g_w=1100/0.45=2444\text{ м}^3 \quad (2.1)$$

При розрахунку вантажної площі камер приймаємо, що висота штабелю вантажу, укладеного в ящикних піддонах складає $h_{гр}=4.5$ м при будівельній висоті $h_{стр}=6$ м (приймаємо завантаження в камері по 3 пакети по висоті). Тоді вантажна площа всіх камер:

$$F_{гр}=V_{гр}/h_{гр}=2444/4.7=520\text{ м}^2 \quad (2.2)$$

Приймаємо коефіцієнт використання будівельної площі для великих камер зберігання овочів $\beta_F=0.85$, тоді загальна будівельна площа камер:

$$F_{стр}=F_{гр}/\beta_F=520/0.85=581\text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Вибираємо як опорну площу одного будівельного прямокутника $f_{стр}=108\text{ м}^2$.

Кількість будівельних прямокутників:

$$n=F_{стр}/f_{стр}=581/108=5 \quad (2.4)$$

За необхідною площею вибираємо для зберігання капусти п'ять камер 9×12 .

Дійсна місткість камери зберігання:

$$G_k=9 \cdot 12 \cdot 0.85 \cdot 4.7 \cdot 0.45=219\text{ тон}$$

Дійсна місткість сховища:

$$G=4 \cdot G_k=5 \cdot 219=1095\text{ тон}$$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР

Місто Одеса відноситься до середньої кліматичної зони, і літня температура повітря 32°C . Середньорічна температура повітря $9,8^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін визначається по формулі:

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+t_k)} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (3.1)$$

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+2)} = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі стелі з горищем:

$$K_{чп} = 1.05 K_{nc} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (3.2)$$

$$K_{чп} = 1.05 \cdot 0.4 = 0.42 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін і перегородок:

$$K_{вс} = 1.18 K_{nc} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (3.3)$$

$$K_{вс} = 1.18 \cdot 0.4 = 0.47 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Товщина ізоляційного шару для огорожі визначається по формулі:

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] \cdot \lambda_{из} \quad [\text{м}] \quad (3.4)$$

де K – відповідний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

α_n, α_k – розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі із зовнішньої і внутрішньої сторін огорожі $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

δ_i и λ_i – товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару м;

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

$\lambda_{из}$ – розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності
вибраного ізоляційного матеріалу огорожі, Вт/(м·К).

Вибір ізоляційної конструкції огорож і розрахунок товщини теплової
ізоляції огорож.

Для стін вибираємо стандартні легкі пінополіуретанові панелі типу
«сэндвич» з коефіцієнтом теплопровідності ізоляції пенополиуретану [3]
 $\lambda_{из}=0.03$ Вт/(м·К) (стандартна товщина панелей 40,60,80,100 мм).

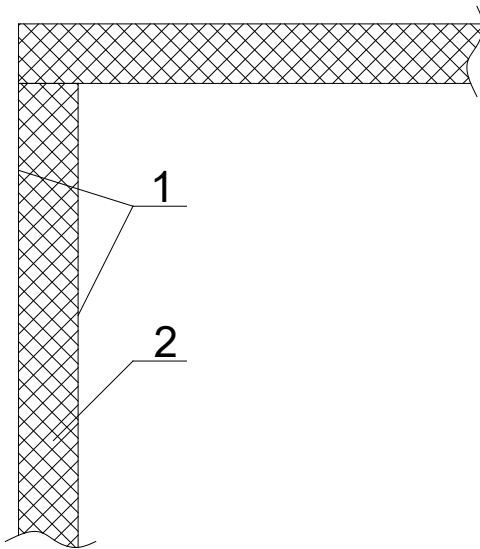


рис. 3.1 – Конструкція «сэндвич» панелей

1 – алюмініва фольга;

2 – теплоізоляція пенополиуретан.

Для зовнішніх поверхонь зовнішніх стін і покриттів приймаємо
 $\alpha_n=23$ Вт/(м²К), для внутрішніх поверхонь з помірною примусовою
циркуляцією повітря приймаємо $\alpha_k=9$ Вт/(м²К).

Визначаємо розрахункову товщину ізоляції зовнішніх стін:

$$\delta_{из}=(1/0.4-(1/23+1/9))\cdot 0.03=0.07 \text{ м, приймаємо } \delta_{из}=0.08 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{нс}^{\prime}=1/(1/23+1/9+0.08/0.03)=0.35 \text{ Вт/(м}^2\text{К).}$$

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

Для зовнішніх поверхонь внутрішніх стін (коридор) приймаємо $\alpha_{\text{вн}}=8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Визначаємо розрахункову товщину ізоляції внутрішніх стін:

$$\delta_{\text{из}}=(1/0.47-(1/9+1/8))\cdot 0.03=0.057 \text{ м, приймаємо } \delta_{\text{из}}=0.06 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{\text{вс}}=1/(1/8+0.06/0.03+1/9)=0.45 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}).$$

Приймаємо між камерами зберігання ізоляцію таку ж, як і для перегородок.

Визначаємо розрахункову товщину ізоляції стелі:

$$\delta_{\text{из}}=(1/0.42-(1/23+1/9))\cdot 0.03=0.067 \text{ м, приймаємо } \delta_{\text{из}}=0.08 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{\text{ст}}=1/(1/23+1/9+0.08/0.03)=0.35 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

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

4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ КАМЕР

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування:

$$Q_0=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5, \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Q_1 – теплопритоки через огорожі;

Q_2 – теплопритоки від холодильної обробки вантажів;

Q_3 – теплопритоки, пов'язані з вентиляцією приміщень;

Q_4 – експлуатаційні теплопритоки;

Q_5 – теплопритоки від дихання охолоджених плодів.

4.1 Розрахунок теплопритоків через огорожі

У загальному випадку для будь-якої огорожі теплоприток через огорожу розраховується по формулі:

$$Q_1 = kF(\Delta t + \Delta t_c), \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де k – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

F – площа огорожі м^2 ;

Δt – різниця між зовнішньою і внутрішньою температурою камери;

Δt_c – різниця температур від дії сонячного випромінювання.

$$\Delta t_c = p \cdot (q_c \cdot \epsilon_c / \alpha_n) \quad (3.3)$$

де p – коеф. проникнення, залежить від масивності огорожі;

q_c – розр. напруга сон. випромінювання для літнього періоду $\text{Вт}/\text{м}^2$;

ϵ_c – коеф. поглинання сон. випромінювання поверхнею огорожі;

α_n – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні в навколишнє середовище, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Із-за навісів рампи теплопритоки від сонячної радіації до зовнішніх західних стін відсутні.

Для 47° північної широти для південних стін вибираємо $q_c=384 \text{ Вт}/\text{м}^2$, $\alpha_n=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, фарба біла - $\epsilon=0.3$, легка конструкція $p=1$.

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

Визначаємо різницю температур від сонячного випромінювання для південних стін камер: $\Delta t_c = 1 \cdot 384 \cdot 0.3 / 23 = 5 \text{ К}$

Для 47° північної широти для даху з горищем приймаємо $\Delta t_c = 10 \text{ К}$

Підлога у камерах схову не обігрівається, тому визначення теплопритоків через ґрунт ведеться позонно:

$$Q_{\text{П}} = (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \sum_{i=1}^4 (k_{\text{yc}})_i F_i \quad [\text{Вт}] \quad (3.4)$$

де F_i – площі відповідних зон, м^2 ;

k_{yc} – коефіцієнт теплопередачі зони, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

Розрахунок ведемо для площ тих, що потрапили у відповідну зону. Для обліку компенсації збільшення щільності теплового потоку площу першої зони збільшуємо на 4 м^2 (один кут).

Коефіцієнти теплопровідності в зони 1,2,3,4-у відповідно:

$K_{\text{усл}} = 0.48; 0.24; 0.12; 0.07 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Камери розташовано симетрично, площа відповідних зон однакова у кожній камері.

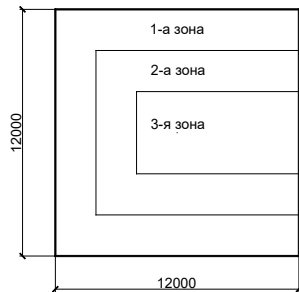


Рис 4.1 – Схема розташування концентричних зон в камері

Таблиця 4.1 – Розрахунок підлоги по зонах

	1-я зона, $F_1, \text{м}^2$	2-я зона, $F_1, \text{м}^2$	3-я зона, $F_1, \text{м}^2$	$\sum_{i=1}^4 (k_{\text{yc}})_i F_i, \text{Вт}/\text{К}$
Камера №1	72	48	32	49.92
Камера №2	72	48	32	49.92
Камера №3	72	48	32	49.92
Камера №4	72	48	32	49.92
Камера №5	72	48	32	49.92

Розрахунки теплопритоків крізь огорожі по усіх камерах зводимо в загальну таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Теплопритоки крізь огорожі

Камера №1		К, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
	Північ	0,4	74,88	2	32	0	899
	Захід	0,4	71,68	2	32	0	860
	Південь	0,47	74,88	2	18	0	563
	Схід	0,47	71,68	2	2	0	0
	Підлога	49,92		2	32	0	1498
	Стеля	0,42	109,2	2	32	10	2439
	Сумарні теплопритоки по камері, ΣQ1, Вт						
Камера №2		К, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
	Північ	0,47	74,88	2	18	0	563
	Захід	0,4	71,68	2	32	0	860
	Південь	0,4	74,88	2	32	5	1048
	Схід	0,47	71,68	2	2	0	0
	Підлога	49,92		2	32	0	1498
	Стеля	0,42	109,2	2	32	10	2439
	Сумарні теплопритоки по камері, ΣQ2, Вт						
Камера №3		К, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
	Північ	0,4	73,29	2	32	0	879
	Захід	0,47	71,68	2	2	0	0
	Південь	0,47	73,29	2	18	0	551
	Схід	0,47	71,68	2	18	0	539
	Підлога	49,92		2	32	0	1498
	Стеля	0,42	109,2	2	32	10	2388
	Сумарні теплопритоки по камері, ΣQ3, Вт						
Камера №4		К, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
	Північ	0,47	73,29	2	18	0	551
	Захід	0,47	71,68	2	2	0	0
	Південь	0,4	73,29	2	32	0	879
	Схід	0,47	71,68	2	18	5	707
	Підлога	49,92		2	32	0	1498
	Стеля	0,42	109,2	2	32	10	2388
	Сумарні теплопритоки по камері, ΣQ4, Вт						
Камера №5		К, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
	Північ	0,47	73,29	2	18	0	551
	Захід	0,47	71,68	2	2	0	0
	Південь	0,4	73,29	2	32	0	879
	Схід	0,47	71,68	2	18	5	707
	Підлога	49,92		2	32	0	1498
	Стеля	0,42	109,2	2	32	10	2388
	Сумарні теплопритоки по камері, ΣQ5, Вт						

Розрахунки решти теплопритоків проводимо по одній камері, оскільки умови роботи і площі камер відрізняються незначно.

4.2 Розрахунок теплопритоків від вантажів при їх холодильній обробці

Теплопритоки від холодильної обробки вантажу розраховують по формулі:

$$Q_2 = (Q_{2в} + Q_{2т}) \cdot (\tau_{ц} / \tau_p) \quad [\text{Вт}], \quad (3.5)$$

де $Q_{2в}$ – теплопритоки від добового надходження фруктів, Вт;

$Q_{2т}$ – теплопритоки від тари, що поступає з вантажем, Вт;

$\tau_{ц}$ – тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту час;

τ_p – час, в перебігу якого споживається холод, год;

$$Q_{2в} = G_{п} \cdot (h_{п} - h_{к}) / 0.0864 \quad [\text{Вт}], \quad (3.6)$$

де $h_{п}, h_{к}$ – ентальпія фруктів при початковій і кінцевій температурі обробки, відповідно, кДж/кг;

$G_{п}$ – максимальне добове надходження вантажу в камеру, т.

Приймаємо максимальне добове надходження вантажу в камери 7% від місткості камер.

Фрукти в камери поступають з рефрижераторного транспорту з температурою $t_{п} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$, охолоджуються в камері до температури зберігання.

Ентальпія фруктів при початковій температурі $h_{п} = 302$ кДж/кг, ентальпія фруктів при кінцевій температурі $h_{к} = 279$ кДж/кг

Визначаємо теплоприток при охолодженні вантажу:

$$Q_{2гр} = 0.07 \cdot 248 \cdot (302 - 279) / 0.0864 = 4621 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки від тари, що поступає з вантажем, можна визначити по формулі:

$$Q_{2тары} = G_{т} \cdot C_{т} \cdot (t_{п} - t_{к}) / 0.0864 \quad [\text{Вт}], \quad (3.7)$$

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

де C_T – теплоємність тари, приймаємо для дерев'яних ящиків
 $C_T=2.5$ кДж/(кг·К).

G_T – маса тари, т, приймаємо для дерев'яних ящиків в кількості 20% від маси вантажу.

t_n, t_k – температура тари при початковій і кінцевій температурі, відповідно, °С.

Визначуваний теплоприток від охолодження тари:

$$Q_{2\text{тары}}=0.2 \cdot 0.07 \cdot 248 \cdot 2.5 \cdot (8-2)/0.0864=603 \text{ Вт.}$$

Тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту – $\tau_{\text{ц}}=24$ год.

Загальний теплоприток від обробки вантажу в режимі охолодження:

$$Q_2=(4621+603) \cdot (24/24)=5224 \text{ Вт}$$

4.3. Розрахунок теплопритоків при вентиляції камери

Теплопритокі від вентиляції камери визначаються по формулі:

$$Q_3=V_{\text{стр}} \cdot a \cdot \rho_k \cdot (h_3-h_k) \text{ [Вт]}, \quad (3.8)$$

де $V_{\text{буд}}$ – будівельний об'єм камери, м³, $V_{\text{буд}}=12 \cdot 12 \cdot 6=864$ м³;

a – кратність повітрообміну в добу, в режимі зберігання приймаємо $a=3$;

ρ_k – щільність повітря при температурі і відносній вологості камери, кг/м³, $\rho_k=1.016$ кг/м³;

h_3, h_k – ентальпії повітря при температурі зовнішньою і камери, кДж/кг, $h_n=74$ кДж/кг, $h_k=12$ кДж/кг.

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

Теплоприток від вентиляції:

$$Q_3 = 864 \cdot 3 \cdot 1.016 \cdot (74 - 12) / (3.6 \cdot 24) = 1890 \text{ Вт.}$$

4.4. Розрахунок експлуатаційних теплопритоків

До експлуатаційних теплопритоків відносяться теплопритоки від людей, що працюють в приміщенні, від освітлення камери, від електродвигунів повітроохолоджувачів і допоміжного устаткування, інфільтрація через двері камери.

Сумарні експлуатаційні теплопритоки визначаються по формулі:

$$Q_4 = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4'''' \quad [\text{Вт}], \quad (3.10)$$

де Q_4' - теплопритоки от ел. освітлення, Вт;

Q_4'' - теплопритоки от електродвигунів, Вт;

Q_4''' - теплопритоки от працюючих людей, Вт;

Q_4'''' - теплопритоки при відкритті дверей, Вт.

Теплоприток від електричного освітлення визначається по формулі:

$$Q_4' = q_4' \cdot j_{\text{св}} \cdot F_{\text{стр}} \quad [\text{Вт}], \quad (3.11)$$

де q_4' – норма щільності освітлення, приймаємо 3 Вт/м²;

$j_{\text{св}}$ – коефіцієнт одночасності роботи світильників, приймаємо 3 зони освітлення $j_{\text{св}} = 0.33$.

Теплоприток від освітлення:

$$Q_4' = 3 \cdot 0.33 \cdot 144 = 144 \text{ Вт}$$

Теплоприток від електродвигунів повітроохолоджувачів визначаємо по формулі:

$$Q_4'' = j_{\text{дв}} \cdot \sum N_{\text{дв}} \quad [\text{Вт}], \quad (3.12)$$

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

де $j_{дв}$ – коефіцієнт одночасності роботи, в режимі зберігання приймаємо $j_{дв}=0.5$;

$\sum N_{дв}$ – розрахункова потужність ел.дв., Вт.

Оскільки холодильник знаходиться на стадії проектування і потужність електродвигунів апаратів, встановлених в камері, є величиною невідомою, то орієнтовано $\sum N_{дв}$ можна розрахувати по формулі:

$$\sum N_{дв} = 1.2 \cdot m \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3), \text{ Вт} \quad (3.13)$$

де m – коефіцієнт відношення потужності електродвигуна до його холодопродуктивності, в режимі зберігання $m=0.08$.

$$\sum N_{дв} = 1.2 \cdot 0.08 \cdot (6200 + 5224 + 1890) = 1278 \text{ Вт}$$

Визначаємо теплоприток від електродвигунів апаратів:

$$Q_4'' = 0.5 \cdot 1278 = 639 \text{ Вт}$$

Теплопритокі від людей, що працюють в камері, визначаються по формулі:

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot t_k) \cdot n \text{ [Вт]}, \quad (3.14)$$

де n – кількість людей, що працюють в камері, приймаємо $n=2$ при площі менше 200м^2 .

Теплоприток від людей:

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot 2) \cdot 2 = 516 \text{ Вт.}$$

Теплопритокі від інфільтрації через двері визначаються по формулі:

$$Q_4'''' = B \cdot F_{стр} \text{ [Вт]}, \quad (3.15)$$

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

де B – витрати холоду при відкритті дверей Вт/м^2 , приймаємо для камер площею 108 м^2 и будівельною висотою 6 м – $B=9 \text{ Вт/м}^2$.

Теплоприток від інфільтрації через двері:

$$Q_4'''=9 \cdot 108=1296 \text{ Вт.}$$

Сумарні експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4=144+639+516+1296=2595 \text{ кВт}$$

4.5 Розрахунок теплопритоків від дихання охолоджених овочів

У загальному випадку для овочесховищ теплопритоки від дихання охолоджених фруктів розраховуються по формулі:

$$Q_5=q_5' \cdot G_{\text{п}} + q_5'' \cdot (G_{\text{к}}-G_{\text{п}}), [\text{Вт}], \quad (3.16)$$

де q_5' - тепловиділення плодів при температурі їх надходження в камеру, Вт/т ;

q_5'' - тепловиділення фруктів при температурі зберігання, Вт/т ;

$G_{\text{п}}$ – максимальне одноразове надходження фруктів в камеру, т.

$$G_{\text{п}}=0.07 \cdot 248=17.36 \text{ т}$$

Тепловиділення фруктів визначаються:

$$q_t=q_0 \cdot e^{bt} [\text{Вт/т}], \quad (3.18)$$

де q_0 – тепловиділення фруктів при $0 \text{ }^\circ\text{C}$;

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

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

Для $t_{\text{п}}=8\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$q_5' = 12.1 \cdot e^{0.0932 \cdot 8} = 25.5 \text{ Вт/т.}$$

Для $t_{\text{п}}=2\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$q_5'' = 12.1 \cdot e^{0.0932 \cdot 2} = 14.6 \text{ Вт/т.}$$

$$Q_5 = 25.5 \cdot 17.36 + 14.6 \cdot (248 - 17.36) = 3810 \text{ Вт.}$$

Таблиця 3.3 – Звідна таблиця теплопритоків

	Q ₁ , Вт	Q ₂ , Вт	Q ₃ , Вт	Q ₄ , Вт	Q ₅ , Вт	ΣQ _{кам} , Вт
Камера №1	6259	5224	1890	2595	3810	19778
Камера №2	5855	5224	1890	2595	3810	19374
Камера №3	6023	5224	1890	2595	3810	19542
Камера №4	6259	5224	1890	2595	3810	19778
Камера №5	6408	5224	1890	2595	3810	19927

Таким чином, сумарне навантаження на прилади в режимі охолодження в кожній камері складає $Q_0=19\div 20$ кВт. Для уніфікації устаткування прилади охолодження для всіх камер підбираємо по максимальному навантаженню. У камерах, як прилади, що охолоджують, будуть використані повітроохолоджувачі з безпосереднім кипінням фреону усередині труб, в кількості 2 штук в кожній камері, які забезпечать рівномірне температурно-вологове поле в процесі зберігання. Відповідно, навантаження на один апарат $Q_{\text{по}}=20/2=10$ кВт.

При розрахунку навантаження на компресора теплопритоки від холодильної обробки вантажу і експлуатаційні теплопритоки приймаємо у розмірі 50%, інші у розмірі 100%.

Сумарне навантаження на компресора:

$$\Sigma Q_0 = (6259 + 6408 + 5855 + 6023) + 0.5 \cdot 5 \cdot (5224 + 2595) + 5 \cdot (1890 + 3810) = 62983 \text{ Вт.}$$

Таким чином, встановлюємо паралельно 3(1) компресори з холодопродуктивністю 21 кВт, що мають загальну лінію всмоктування і нагнітання.

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

Теплове навантаження на один компресор, визначається з урахуванням втрат в системі при безпосередньому охолодженні у розмірі 5 %, $\kappa=1.05$, і коефіцієнта робочого часу $b=0.9$:

$$Q_{0 \text{ комп}} = \kappa \cdot Q_0 / b = 1.05 \cdot 21 / 0.9 = 24.5 \text{ кВт} \quad (3.19)$$

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

5 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуватимуться повітряні конденсатори. Температура конденсації для повітряних конденсаторів приймається на 10-12 °С вище за розрахункову температуру зовнішнього повітря:

$$t_k = 32 + 10 = 42 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Як прилади охолодження в камерах будуть використані підвісні повітроохолоджувачі. Температура кипіння агента в таких апаратах приймається на 7-10 °С нижче за розрахункову температуру повітря в камері.

При роботі на фреоні R717, який використовуватиметься як холодильний агент, немає необхідності в додатковому перегріві на всмоктуванні, для забезпечення безпечної роботи компресорів, тому регенеративний теплообмінник в системі відсутній.

Тепловий розрахунок буде проводитися за наступними даними:

- холодильний агент – R717(аміак)
- температура кипіння R717 $t_0 = -6 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- потрібна холодопродуктивність $Q_{0 \text{ комп}} = 24.5 \text{ кВт}$;
- температура конденсації агента $t_k = 42 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- сумарний перегрів на всмоктуванні $\Theta = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- переохолодження після конденсатора $\Delta t_{\text{по}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

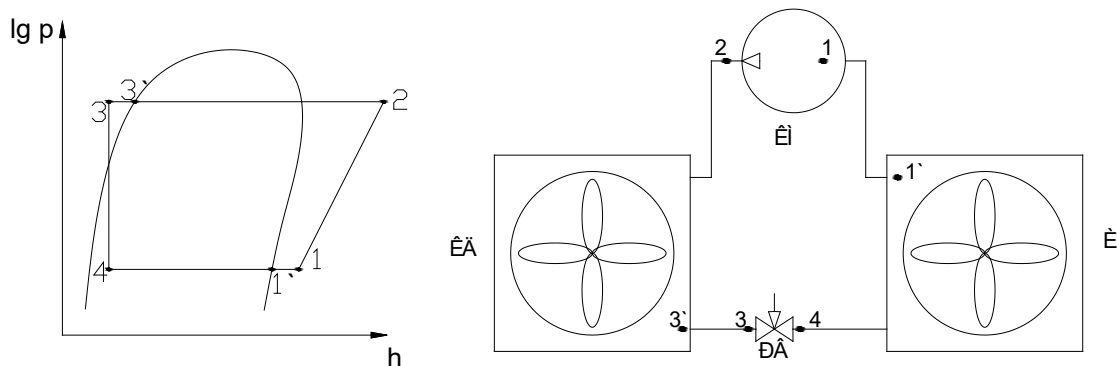


рис. 5.1 – Термодинамічний цикл і умовна схема холодильної машини

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

Процеси, відбиті в циклі:

1-2 – стискування в компресорі;

2-3 – конденсація;

3-4 – дроселювання агента;

4-5 – кипіння у випарнику;

1'-1 – перегрівши на всмоктуванні;

3'-3 – переохолодження після конденсатора.

Таблиця 5.1 – Розрахункові дані циклу холодильної машини

	1'	1	2	3	4
t, °C	-6	-1	80	38	-6.3
P, бар	5	5	19	19	5
h, кДж/кг	1366	1384	1413	1258	1258
v, м ³ /кг	-	0.045	-	-	

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_{1'} - h_4 = 1366 - 1258 = 108 \text{ кДж/кг} \quad (5.1)$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 1108 / 0.045 = 2400 \text{ кДж/м}^3 \quad (5.2)$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l = h_2 - h_1 = 1413 - 1384 = 29 \text{ кДж/кг} \quad (5.3)$$

Масова витрата агента:

$$M_a = Q_0 / q_0 = 24.5 / 108 = 0.23 \text{ кг/с} \quad (5.4)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0.23 \cdot 0.045 = 0.01 \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.5)$$

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

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_c = 1 - 0.03 \cdot [(P_k/P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0.03 \cdot [(19/5) - 1] = 0.916 \quad (5.6)$$

$$\lambda'_w = (T_0 + \Theta) / (\alpha \cdot T_k + \beta \cdot \Theta) = (267 + 20) / (1.12 \cdot 315 + 0.5 \cdot 20) = 0.79$$

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda'_w = 0.916 \cdot 0.79 = 0.72$$

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h = V_d / \lambda = 0.01 / 0.72 = 0.014 \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.7)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l = 0.23 \cdot 29 = 6.67 \text{ кВт} \quad (5.8)$$

Індикаторний ККД компресора:

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot t_0 = 0.79 - 6 \cdot 0.001 = 0.784 \quad (5.9)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / \eta_i = 6.67 / 0.784 = 8.5 \text{ кВт} \quad (5.10)$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{тр} = 0.014 \cdot 40 = 0.56 \text{ кВт}, \quad (5.11)$$

де $P_{тр}$ - середній тиск тертя, для фреонових компресорів $P_{тр} = 40$ кПа.

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 8.5 + 0.56 = 9.06 \text{ кВт} \quad (5.12)$$

Електрична потужність компресора:

$$N_{ел} = N_e / \eta_{ел} = 9.06 / 0.9 = 10.07 \text{ кВт}, \quad (5.13)$$

де $\eta_{ел}$ - ККД електродвигуна компресора.

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

Таблиця 5.2 – Результати теплового розрахунку

Параметри	
Холодопродуктивність, кВт	24.5
Температура кипіння, °С	-6
Температура конденсації, °С	42
Перегрів в випарнику °С	5
Переохолодження в конденсаторі, °С	5
Тиск кипіння/конденсації, бар	5/19
Теор. об'єм, описаний поршнями, м ³ /с	0.014
Ефективна потужність компресора, кВт	9.06
Електрична потужність компресора, кВт	10.07

6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА

За результатами теплового розрахунку:

$$\sum Q_k = 3 \cdot (Q_{0 \text{ комп}} + N_e) = 3 \cdot (24.5 + 10.1) = 100 \text{ кВт}$$

Приймаємо для відведення теплоти конденсації повітряний конденсатор з продуктивністю $Q_k = 100 \text{ кВт}$

Дані для розрахунку:

Теплове навантаження: $Q_k = 100 \text{ кВт}$

Розрахункова температура зовнішнього повітря: $t_H = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Відносна вологість зовнішнього повітря: $\phi_H = 0.6$

Зовнішній діаметр труби: $d = 0.022 \text{ м}$

Внутрішній діаметр труби: $d_{\text{вн}} = 0.02 \text{ м}$

Товщина ребра: $\delta = 0.0008 \text{ м}$

Крок ребер: $u = 0.008 \text{ м}$

Ширина ребра: $B = 0.044 \text{ м}$

Матеріал труб/ребер: сталь

Крок труб по ходу/проти ходу повітря: $S_1/S_2 = 0.044/0.088 \text{ м}$

Розташування труб в пучку: шахове

Форма ребра: пластинчасте

Агент: R717

5.1 Тепловий розрахунок конденсатора

Приймаємо підігрів повітря в конденсаторі $\Delta t = 5 \text{ К}$, тоді температура повітря на виході з апарату:

$$t_2 = t_H + \Delta t = 32 + 5 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

Температура конденсації для повітряних конденсаторів приймається на 10-12 К вище за розрахункову температуру зовнішнього повітря:

$$t_k = 32 + 10 = 42 \text{ }^\circ\text{C}$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині апарату – $w = 8 \text{ м/с}$.

Розраховуємо геометричні характеристики ребра:

- зовнішня поверхня ребра:

$$f_p = B^2 - 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 + 4 \cdot B \cdot \delta = 0.044^2 - 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.022^2 + 4 \cdot 0.044 \cdot 0.0008 = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{tr} = \pi \cdot d \cdot (u - \delta) = 3.14 \cdot 0.022 \cdot (0.008 - 0.0008) = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн} = \pi \cdot d \cdot u = 3.14 \cdot 0.022 \cdot 0.008 = 0.55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{п} = f_p + f_{tr} = 1.7 \cdot 10^{-3} + 0.5 \cdot 10^{-3} = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- коефіцієнт обребрення β и ступінь обребрення ϕ_n :

$$\beta = f_{п} / f_{вн} = 2.2 / 0.55 = 4$$

$$\phi_n = f_{п} / f_{tr} = 2.2 / 0.5 = 4.4$$

За довідковими даними [2] вибираємо теплофізичні властивості повітря при t_n :

- кінематична в'язкість $\nu = 16.2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.027 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- число Прандтля $Pr = 0.7$;
- щільність $\rho = 1.16 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- теплоємність $c = 1.005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Визначальний розмір для умов тепловіддачі від поверхні конденсатора до повітря для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

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

$$d_3=2 \cdot (S_1-d) \cdot (u-\delta) / (S_1-d+u-\delta), \text{ м} \quad (5.1)$$

$$d_3=2 \cdot (0.044-0.022) \cdot (0.008-0.0008) / (0.044-0.022+0.008-0.0008)=0.011 \text{ м}$$

Критерій Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re=w \cdot d_3 / \nu \quad (5.2)$$

$$Re=8 \cdot 0.011 / 16.2 \cdot 10^{-6}=5358$$

Критерій Нуссельта для пластинчастого ребра визначаємо по формулі:

$$Nu=0.178 \cdot [(S_1-d) / d_3]^{-0.14} \cdot Re^{0.6} \quad (5.3)$$

$$Nu=0.178 \cdot [(0.044-0.022) / 0.011]^{-0.14} \cdot 5358^{0.6}=27.8$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ребра до повітря визначаємо по формулі:

$$\alpha_k=Nu \cdot \lambda / d_3 \quad (5.4)$$

$$\alpha_k=27.8 \cdot 0.027 / 0.011=69.1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

$$h^*=0.5 \cdot d \cdot (1.15 \cdot B/d-1)(1+0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot B/d)), \text{ м} \quad (5.5)$$

$$h^*=0.5 \cdot 0.022 \cdot (1.15 \cdot 0.044/0.022-1)(1+0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot 0.044/0.022))=0.018 \text{ м}$$

Для сталевих труб коефіцієнт теплопровідності стінки $\lambda_{тр}=47 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$,
для сталевих ребер $\lambda_p=47 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

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

Коефіцієнт ефективності ребра визначаємо по формулі:

$$E = \tanh[(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] / [(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] \quad (5.6)$$

$$E = \tanh[(2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 47))^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008)] / [2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 47)]^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008) = 0.91$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі визначаємо по формулі:

$$\alpha_{пр} = \alpha_k \cdot (f_p \cdot E / f_{п1} + 1 / \varphi_H), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.7)$$

$$\alpha_{пр} = 69.1 \cdot (1.7 \cdot 0.91 / 2.2 + 1 / 4.4) = 64.2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Розрахункові дані для визначення термічного опору шару мастила:

товщина – $\delta_M = 0.0005 \text{ м}$;

коефіцієнт теплопровідності – $\lambda_M = 0.12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні апарату визначимо по формулі:

$$K = [(1 / \alpha_{пр} + 8 \cdot f_{п1} / (\pi \cdot (d^2 + d_{вн}^2))) \cdot (0.5 \cdot (d - d_{вн}) / \lambda_{тр} + \delta / \lambda_p + \delta_M / \lambda_M)]^{-1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.8)$$

$$K = [(1 / 64.2 + 8 \cdot 2.2 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot (0.022^2 + 0.002^2))) \cdot (0.5 \cdot (0.022 - 0.02) / 47 + 0.0008 / 47 + 0.0005 / 0.12)]^{-1} = 23.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Властивості агента (R717) визначаємо за довідковими даними [2] при визначальній температурі конденсації t_k :

- щільність конденсату $\rho_k = 1120 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- коефіцієнт теплопровідності конденсату $\lambda_k = 0.0756 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату $\mu_k = 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
- теплота паротворення $r = 165 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Щільність теплового потоку з боку конденсуючого холодильного агента, використовуючи загальну температуру стінки труби $t_{ст}$, можна виразити по формулі:

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

$$q = \beta^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot r \cdot \rho_k^2 \cdot \lambda_k^3 \cdot (\mu_k \cdot d_{BH})^{-1}]^{0.25} \cdot (t_k - t_{CT})^{-0.75}, \text{ Вт/м}^2 \quad (5.9)$$

$$q = 4^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot 165 \cdot 10^3 \cdot 1120^2 \cdot 0.0756^3 \cdot (2.2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.02)^{-1}]^{0.25} \cdot (42 - t_{CT})^{-0.75} = 678 \cdot (42 - t_{CT})^{-0.75}$$

Щільність теплового потоку з боку повітря, використовуючи загальну температуру стінки труби t_{CT} , можна виразити по формулі:

$$q = K \cdot (t_{CT} - t_H), \text{ Вт/м}^2 \quad (5.10)$$

$$q = K \cdot (t_{CT} - t_H) = 23.8 \cdot (t_{CT} - 32)$$

Вирішуючи спільно систему рівнянь 5.9 і 5.10, визначимо шукану щільність теплового потоку через стінку: $q = 168.2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Повну оребрену поверхню апарату визначаємо по формулі:

$$F = Q_K \cdot 10^3 / q, \text{ м}^2 \quad (5.11)$$

$$F = 100 \cdot 10^3 / 168.2 = 595 \text{ м}^2$$

5.2 Конструктивний розрахунок апарату

Об'ємна витрата повітря через апарат:

$$V = Q_K / (c \cdot \rho \cdot \Delta t), \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.12)$$

$$V = 100 / (1.16 \cdot 1.005 \cdot 6) = 17.15 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{Площа «живого» перетину конденсатора: } F_{ж} = V / w = 14.3 / 8 = 1.7 \text{ м}^2$$

$$\text{Сумарна довжина труб в апараті: } \sum L = F_{ж} / f_{п} = 1.7 / (2.2 \cdot 10^{-3}) = 772 \text{ м}$$

Площу «живого» перетину одного ребристого елемента визначимо по формулі:

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

$$f_{ж} = S_1 \cdot u - (2 \cdot h \cdot \delta + d \cdot u), \text{ м}^2 \quad (5.13)$$

$$f_{ж} = 0.044 \cdot 0.008 - (2 \cdot 0.018 \cdot 0.0008 + 0.022 \cdot 0.008) = 0.1465 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату: $n_{рз} = F_{ж}/f_{ж} = 1.7/0.1465 \cdot 10^{-3} = 11604$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка:

$$\sum L_{\phi} = u \cdot n_{рз} = 0.008 \cdot 11604 = 92.8 \text{ м}$$

$$\text{Площа фронтального перетину апарату: } S_{\phi} = S_1 \cdot \sum L_{\phi} = 0.044 \cdot 92.8 = 4.1 \text{ м}^2$$

По графіках характеристик вентиляторів [6] вибираємо чотири вентилятори марки ВО-12-303-6,3 при орієнтовному натиску $H = 130 \text{ Па}$.

Діаметр вентиляторів $D_{в} = 0.63 \text{ м}$, кількість $z = 4$

Орієнтовні геометричні розміри конденсатора:

- ширина $B_{к} = (S_{\phi}/z)^{0.5} = (4.1/4)^{0.5} = 1.01 \text{ м}$;

- довжина $L_{к} = B_{к} \cdot z = 1.01 \cdot 4 = 4.04 \text{ м}$.

Число труб у фронтальному перетині апарату з округленням до цілого:

$$N_{\phi} = B_{к}/S_1 = 1.01/0.044 = 23$$

Дійсні геометричні розміри конденсатора:

- ширина $B_{к} = N_{\phi} \cdot S_1 = 23 \cdot 0.044 = 1.01 \text{ м}$;

- довжина $L_{к} = S_{\phi}/B_{к} = 4.1/1.01 = 4.06 \text{ м}$.

Число труб уздовж потоку повітря, з округленням до більшого цілого:

$$N = \sum L / \sum L_{\phi} = 772/92.8 \approx 9$$

$$\text{Висота секції: } H_{к} = S_2 \cdot N = 0.088 \cdot 9 = 0.79 \text{ м}$$

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

У розрахунку використовуються наступні дані:

- холодопродуктивність апарату $Q_0=10000$ Вт;
- температура повітря камери $t_k=2$ °С;
- відносна вологість повітря камери $\phi_k=0.9$;
- швидкість повітря в живому перетині $V_B=3$ м/с;
- форма ребра – кругле;
- матеріал труб сталь $\lambda_{тр}=50$ Вт/(м·К), $d_H=0.02$ м, $d_{BH}=0.016$ м;
- матеріал ребер сталь $\lambda_p=50$ Вт/(м·К),
- крок ребер $u=0.008$ м, висота ребра $h_p=0.02$ м, товщина ребра у підстави $\delta_{op}=0.002$ м, у вершини $\delta_{вр}=0.0006$ м діаметр ребра $D_p=0.063$ м;
- температура кипіння агента (R 717) $t_0=-6$ °С;
- товщина інею, що осів $\delta_i=0.0015$ м, $\lambda_i=0.2$ Вт/(м·К).

Розрахунок

Приймаємо по графіку залежності від t_k підохолодження в апараті $\Delta t=2$.

Температура на виході з апарату:

$$t_B=t_k-\Delta t=2-2=0 \text{ °С}$$

Середня температура повітря:

$$t_c=0.5 \cdot (t_k + t_B)=0.5 \cdot (2+0)=1 \text{ °С}$$

Задаємося середньою температурою поверхні ПО, покритою інеєм:

$$t_H=-2.9 \text{ °С.}$$

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

По таблицях визначаємо вологовміст насиченого повітря при:
 $t_k - d_k'' = 0.0044$ кг/кг; $t_{п} - d_{п}'' = 0.003$ кг/кг; $t_B - d_B'' = 0.0038$ кг/кг.
 Вологовміст повітря в камері при t_k по таблиці $d_k = 0.0039$ кг/кг

Вологовміст на виході з повітроохолоджувача:

$$d_B = d_k - (d_k - d_{п}'') \cdot (t_k - t_B) / (t_k - t_{п}) \quad [\text{кг/кг}] \quad (6.1)$$

$$d_B = 0.0039 - (0.0039 - 0.003) \cdot (2 + 0) / (2 + 2.8) = 0.0035 \text{ кг/кг.}$$

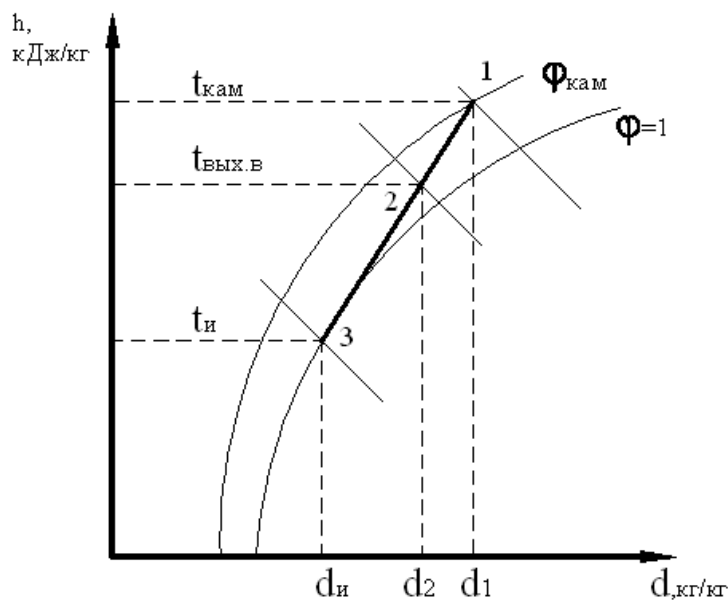


рис. 6.1 – Процес обробки повітря у повітроохолоджувачі в h-d діаграмі.

Відносна вологість на виході з апарату:

$$\varphi_B = d_B / d_B'' = 0.0035 / 0.0038 = 0.93$$

Ентальпія повітря визначається по формулі:

$$h = 1.006 \cdot t + (2835 + 2.09 \cdot t) \cdot d \quad [\text{кДж/кг}] \quad (6.2)$$

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

$$h_k = 1.006 \cdot 2 + (2835 + 2.09 \cdot 2) \cdot 0.0039 = 13.08 \text{ кДж/кг}$$

$$h_b = 1.006 \cdot 0 + (2835 + 2.09 \cdot 0) \cdot 0.0035 = 9.97 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{\pi} = 1.006 \cdot (-2.8) + (2835 + 2.09 \cdot (-2.8)) \cdot 0.0038 = 5.61 \text{ кДж/кг}$$

Поперечний і подовжній крок труб при коридорній компоновці:

$$S_1 = S_2 = D_p + 2 \cdot \delta_i + 0.003 = 0.063 + 2 \cdot 0.0015 + 0.003 = 0.069 \text{ м}$$

Геометричні параметри прийнятого ребристого елемента.

Зовнішня поверхня ребра:

$$f_p = 0.5 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - d_n^2) + \pi \cdot D_p \cdot \delta_{вр} = 0.5 \cdot \pi \cdot (0.063^2 - 0.02^2) + \pi \cdot 0.063 \cdot 0.0006 = 5.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{тр} = \pi \cdot d_n \cdot (u - \delta_{ор}) = 3.14 \cdot 0.02 \cdot (0.008 - 0.0002) = 3.77 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн} = \pi \cdot d_{вн} \cdot u = 3.14 \cdot 0.016 \cdot 0.008 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{\pi} = f_p + f_{тр} = (5.7 + 3.77) \cdot 10^{-3} = 6.1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт оребрення:

$$\beta = f_{\pi} / f_{вн} = 6.1 / 0.4 = 15.2$$

Ступінь оребрення:

$$\phi = f_{\pi} / (\pi \cdot d_n \cdot u) = 6.1 / (\pi \cdot 0.02 \cdot 0.008) = 12.14$$

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

Умовний ступінь оребрення:

$$\beta_n = f_n / f_{тр} = 6.1 / 0.38 = 16.19$$

Геометричні характеристики поверхні інею.

Зовнішня поверхня інею на ребрі:

$$\begin{aligned} f_{рi} &= 0.5 \cdot \pi \cdot [(D_p + 2 \cdot \delta_i)^2 - (d_n + 2 \cdot \delta_i)^2] + \pi \cdot (D_p + 2 \cdot \delta_i) \cdot (\delta_{вр} + 2 \cdot \delta_i) = 0.5 \cdot \pi \cdot \\ &\cdot [(0.053 + 2 \cdot 0.0015)^2 - (0.02 + 2 \cdot 0.0015)^2] + \pi \cdot (0.063 + 0.003) \cdot (0.0006 + 0.003) = \\ &= 6.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Внутрішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами:

$$\begin{aligned} f_{тр i} &= \pi \cdot (d_n + 2 \cdot \delta_i) \cdot (u - \delta_{ор} - 2 \cdot \delta_i) = 3.14 \cdot (0.02 + 0.003) \cdot (0.008 - 0.0002 - 0.003) = \\ &= 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Повна зовнішня поверхня інею на ребристому елементі:

$$f_i = f_{тр i} + f_{р i} = (6.8 + 0.22) \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт оребрення поверхні, покритої інеєм:

$$\beta_i = f_i / f_{вн} = 7 / 0.4 = 17.3$$

Площа `живого` перетину одного ребристого елемента з інеєм:

$$\begin{aligned} f_{ж} &= (S_1 - d_n - 2 \cdot \delta_i) \cdot u - 2 \cdot h_p \cdot [0.5 \cdot (\delta_{вр} + \delta_{ор}) + 2 \cdot \delta_i] = (0.069 - 0.02 - 0.003) \cdot 0.008 - \\ &- 2 \cdot [0.5 \cdot (0.0006 + 0.0002) + 0.003] = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Теплообмін з боку повітря.

Теплофізичні властивості повітря при t_c :

- кінематична в'язкість $\nu_B = 13.28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0.0244 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- число Прандтля $Pr_B = 0.707$;

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

- щільність $\rho_B=1.293$ кг/м³.

Коефіцієнт вологовипадіння визначається по формулі:

$$\xi=1+(d_k \cdot \varphi_k - d_p) \cdot (2835 - 2.09 \cdot t_p) / [(1.006 + 1.87 \cdot d_p) \cdot (t_k - t_p)] \quad (6.3)$$

$$\xi=1+(0.0044 \cdot 0.9 - 0.003) \cdot (2835 - 2.09 \cdot (-2.8)) / [(1.006 + 1.87 \cdot 0.003) \cdot (2 + 2.8)] = 1.073$$

По таблицях розрахункових залежностей для прийнятого типу трубного пучка ребристого елемента і відповідної сфери застосування вибираємо визначальний розмір і розрахункову залежність для визначення критерію Нусельта.

Визначальний розмір:

$$L_0 = d_H / \beta_H + (1 - \beta_H^{-1}) [0.785 \cdot (D_p^2 - d_H^2)]^{0.5} \quad (6.4)$$

$$L_0 = 0.2 / 16.19 + (1 - 16.19^{-1}) [0.785 \cdot (0.063^2 - 0.02^2)]^{0.5} = 0.051 \text{ м}$$

Число Рейнольдса:

$$Re_B = w_B \cdot L_0 / \nu_B \quad (6.5)$$

$$Re_B = 3 \cdot 0.051 / (13.28 \cdot 10^{-6}) = 11498$$

Число Нусельта:

$$Nu_B = 0.18 \cdot C_s \cdot C_z \cdot Re_B^{0.65} \cdot \beta_H^{0.07} \cdot \beta_H^{-0.7} \quad (6.6)$$

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

Оскільки $S_2/d_H=3.45>2$ і кількість труб по передумовах більше 4 шт, то коефіцієнти $C_s=C_z=1$.

$$Nu_B=0.18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 11498^{0.65} \cdot 16.2^{0.07} \cdot 16.2^{-0.7} = 41.3$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні повітроохолоджувача до повітря:

$$\alpha_B = Nu_B \cdot \lambda_B / L_0 \quad (6.7)$$

$$\alpha_B = 41.3 \cdot 0.0244 / 0.051 = 19.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(\alpha_B \cdot \xi)^{-1} + \delta_i / \lambda_i]^{-1} \quad (6.8)$$

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(19.8 \cdot 1.073)^{-1} + 0.0015 / 0.2] = 18.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра:

$$h' = h_p \cdot [1 + 0.35 \cdot \ln(D_p / d_H)] = 0.02 \cdot [1 + 0.35 \cdot \ln(0.063 / 0.02)] = 0.028 \text{ м}$$

Безрозмірний комплекс

$$mh' = [4 \cdot \alpha_{B \text{ пр}} / ((\delta_{B \text{ пр}} + \delta_{O \text{ пр}}) \cdot \lambda_p)]^{0.5} \cdot h' = 2 \cdot [18.3 / (0.008 \cdot 150)]^{0.5} = 0.384$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = [\tanh(mh')] / mh' \quad (6.9)$$

$$E = [\tanh(0.384)] / 0.384 = 0.953$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра:

$$\psi = 1 - 0.058 \cdot mh' = 1 - 0.058 \cdot 0.384 = 0.977$$

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

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{в пр} = \alpha_{в пр} \cdot (f_p \cdot E \cdot \psi + f_{тр}) / f_{п} \quad [Вт/(м^2 \cdot К)] \quad (6.10)$$

$$\alpha_{в пр} = 18.3 \cdot (0.0057 \cdot 0.953 \cdot 0.977 + 0.0004) / 0.006 = 17.1 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{в} = \alpha_{в} \cdot \xi \cdot \beta_i \cdot (t_c - t_{п}) \quad [Вт/м^2] \quad (6.11)$$

$$q_{в} = 17.1 \cdot 1.073 \cdot 17.34 \cdot (1 + 2.9) = 1436 \text{ Вт}/м^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі в трубах апарату:

$$\alpha_0 = 32 \cdot \omega\rho^{0.47} \cdot q_{в}^{0.15} [Вт/(м^2 \cdot К)] \quad (6.12)$$

де $\omega\rho$ – масова швидкість агента, по графіку залежності від щільності теплового потоку знаходимо $\omega\rho = 80 \text{ кг}/(м^2 \cdot с)$

$$\alpha_0 = 32 \cdot 80^{0.47} \cdot 1436^{0.15} = 747 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні інею:

$$K_{ні} = [\beta_i / \alpha_0 + 1 / \alpha_{в пр i} + \phi \cdot (0.5 \cdot (d_n - d_{вн}) / \lambda_T)]^{-1} \quad [Вт/(м^2 \cdot К)] \quad (6.13)$$

$$K_{ні} = [17.34 / 747 + 1 / 17.1 + 12.14 \cdot (0.5 \cdot (0.02 - 0.016) / 50)]^{-1} = 12.19 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні сухої поверхні:

$$K_n = K_{ni} \cdot \beta / \beta_i = 12.19 \cdot 15.17 / 17.34 = 10.67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Перевіряємо раніше прийняту температуру поверхні апарату:

- щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею:

$$q_n = K_{ni} \cdot (t_c - t_0) = 10.67 \cdot (1 + 6) = 85.3 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

- розрахункова різниця температур:

$$\Delta t_p = q_n / (\alpha_B \cdot \xi) = 85.3 / (19.8 \cdot 1.073) = 4.02 \text{ }^\circ\text{C};$$

- відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур:

$$\varepsilon = [|\Delta t_p - (t_c - t_{п})| / \Delta t_p] \cdot 100\% = |[4.02 - (1 + 2.9)] / 4.02| \cdot 100\% = 3 \%$$

Оскільки відносна погрішність задовольняє необхідній погрішності розрахунку (<5%), тоді шукана зовнішня поверхня повітроохолоджувача:

$$F_n = Q_0 / [K_n \cdot (t_c - t_0)] = 10000 / (10.67 \cdot 7) = 133.7 \text{ м}^2$$

Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача.

Конструктивно проєктований повітроохолоджувач складатиметься з двох однакових теплообмінних секцій, через які прокачуватиметься вентиляторами тепле повітря, що відводиться з штабелів вантажу.

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

Відповідно, холодопродуктивність і зовнішня площа кожної секції складатиме половину від розрахункових.

Об'ємна витрата повітря через секцію повітроохолоджувача:

$$V_B = Q_0 \cdot 10^{-3} / [\rho_B \cdot (h_K - h_B)] \quad (6.14)$$

$$V_B = 3.35 / [1.29 \cdot (13.08 - 9.62)] = 0.75 \text{ м}^3/\text{с}$$

По графіках характеристик вентиляторів вибираємо 2 вентиляторів марки ВО-12-303-4 при орієнтовному натиску $H = 120 \text{ Па}$ з діаметром вентилятора $D_B = 0.4 \text{ м}$.

Мінімальний `живий` перетин повітроохолоджувача:

$$F_{ж} = V_B / w_B = 0.75 / 3 = 0.25 \text{ м}^2$$

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_{\phi} = F_{ж} \cdot S_1 \cdot u / f_{ж} = 0.25 \cdot 0.069 \cdot 0.008 / 0.00044 = 0.32 \text{ м}^2$$

Задаємося орієнтовною довжиною теплообмінної секції $L' = 1 \text{ м}$, тоді ширина секції : $H' = F_{\phi} / L' = 0.32 / 1 = 0.32 \text{ м}$.

Число труб у фронтальному перетині пучка з округленням до цілого:

$$z_1 = H' / S_1 = 0.32 / 0.069 = 4.6$$

Приймаємо дійсне число труб $z_1 = 5 \text{ шт}$

Дійсна ширина і довжина секції:

$$H = z_1 \cdot S_1 = 5 \cdot 0.069 = 0.345 \text{ м}$$

$$L = F_{\phi} / H = 0.32 / 0.345 = 0.92 \text{ м}$$

Кількість труб по ходу повітря з округленням до найближчого більшого цілого: $z_2 = F_H / [f_{п} \cdot (F_{ж} / f_{ж})] = 40 / [0.0061 \cdot (0.25 / 0.00038)] = 10 \text{ шт}$

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

Розрахункові параметри теплообмінної поверхні:

- сумарна довжина труб апарату:

$$\Sigma L = L \cdot z_1 \cdot z_2 = 0.81 \cdot 12 \cdot 10 = 97.2 \text{ м};$$

- площа зовнішньої поверхні:

$$F_d = \Sigma L \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \beta = 97.2 \cdot 3.14 \cdot 0.016 \cdot 15.17 = 74.1 \text{ м}^2;$$

- глибина секції:

$$B = S_2 \cdot z_2 = 0.069 \cdot 10 = 0.69 \text{ м}.$$

Перевірка по аеродинамічному опору.

Аеродинамічний опір пучків оребрених труб з круглими ребрами визначається по формулі:

$$\Delta P = 0.26 \cdot C_Z \cdot C_L \cdot C_t \cdot (\omega \rho)^{1.92} \quad (6.15)$$

$$\begin{aligned} \text{Еквівалентний діаметр: } d_s &= 2 \cdot [u \cdot (S_1 - d_H) - 2 \cdot \delta_p \cdot h_p] / (2 \cdot h_p + u) = \\ &= 2 \cdot [0.008 \cdot (0.069 - 0.02) - 2 \cdot 0.0013 \cdot 0.02] / (2 \cdot 0.02 + 0.008) = 0.014 \text{ м} \end{aligned}$$

Коефіцієнт, що враховує лінійні розміри ребер:

$$C_L = L_0^{0.22} / d_s^{0.3} = 0.051^{0.22} / 0.014^{0.3} = 1.87$$

Коефіцієнт, що враховує фізичні властивості повітря:

$$C_t = v_B^{0.08} / \rho_B^{0.92} = (13.28 \cdot 10^{-6})^{0.08} / 1.293^{0.92} = 0.322$$

Коефіцієнт, що враховує режим течії $C_Z = z_2$, оскільки $z_2 > 6$

Т.ч.

$$\Delta P = 0.26 \cdot 1.87 \cdot 0.322 \cdot 14 \cdot (3 \cdot 1.293)^{1.92} = 60 \text{ Па}$$

При виборі вентилятора натиск був прийнятий 120 Па, звідки витікає, що вибраний тип вентилятора забезпечить нормальну циркуляцію повітря через теплообмінну поверхню.

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

8 ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ ТА ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ

8.1 Підбір компресорів, конденсаторів та повітроохолоджувачів

Підбір компресорів здійснимо по потрібній холодопродуктивності на один компресор в режимі зберігання $Q_0=25$ кВт з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку. Вибираємо три поршневі компресори фірми Bitzer марки 6J-22.Y-40P (Додаток 1) з холодопродуктивністю за даних умов $Q_0=62.3$ кВт і споживаною електричною потужністю $N_{эл}=23.2$ кВт.

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуємо повітряні конденсатори. Розрахункове теплове навантаження може бути визначена за даними теплового розрахунку як:

$$\sum Q_k = 3 \cdot (Q_{0 \text{ комп}} + N_e) = 3 \cdot (63 + 21) = 252 \text{ кВт}$$

Вибираємо три повітряні конденсатори фірми Alfa-Laval марки ACS802B-C (Додаток 2) потужністю 86.8 кВт при розрахунковій температурі конденсації $t_k=42$ °С.

У камерах схову вантажу для забезпечення температурного режиму і рівномірного температурного поля буде встановлено по 2 підвісних стельових повітроохолоджувача з розрахунковою холодопродуктивністю по $Q_0=10$ кВт. Приймаємо повітряохолоджувач марки Alfa-Laval TGL36-S4P (Додаток 3) с холодопродуктивністю $Q_0=10.4$ кВт.

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

8.2 Підбір допоміжного устаткування

Лінійний ресівер призначений для рівномірної подачі рідкого агента на пристрої, що дроселюють, і його зберігання у той час коли система не працює.

Лінійний ресівер для даної холодильної системи безпосереднього охолодження підбирається з розрахунку, що його об'єм складає не менше 60% об'єму повітроохолоджувачів. При цьому робоче заповнення ресівера складає 50%. Загальний внутрішній об'єм повітроохолоджувачів можна визначувати виходячи їх конструктивних характеристик і числа повітроохолоджувачів: $V_{исп}=24 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2 \cdot \Sigma L = 24 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.016^2 \cdot 97.2 = 0.47 \text{ м}^3$.

Відповідно до правил техніки безпеки розрахунковий об'єм також збільшують на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80%. Т.ч., місткість лінійного ресівера можна визначити як:

$$V_{л} = (0.6 \cdot V_{исп} / 0.5) \cdot 1.2 = (0.6 \cdot 0.47 / 0.5) \cdot 1.2 = 0.68 \text{ м}^3.$$

Як лінійні ресівери використовують горизонтальні або вертикальні циліндрові судини. По місткості підбираємо горизонтальний ресівер 0.75PB, який може використовуватися при робочому тиску до 1.8 мПа в діапазоні температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресівера зварні, запобіжні клапани мають умовний прохід D_y 15мм.

Віддільники рідини включають в систему для захисту компресора від попадання в них рідкого хладагента. Віддільник рідини повинен бути забезпечений автоматичними приладами, що вимикають компресор при небезпечній зміні рівня рідини в судині. У системах безпосереднього кипіння, при регулюванні заповнення приладів охолодження по перегріву пари при нормальній експлуатації, в судині не повинно бути рідини.

Рідина відділяється від пари унаслідок різкої зміни швидкості і напряму руху холодильного агента. Швидкість пари в судині не повинна перевищувати 0.5 м/с. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною,

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

що має патрубки і штуцера для приєднання рідинної і парових ліній, зрівняльної лінії, автоматичних приладів і манометра. Судина розрахована на робочий тиск не більше 1,5 мПа в робочому діапазоні температур от -50 до +40 °С. Підбираємо віддільник рідини фірми Sanrong марки SR-208.

Масловіддільники призначені для відділення масла, що відноситься з компресорів разом з холодильним агентом. Підбір масловіддільників проводиться по діаметру нагнітального патрубка компресора. Вибираємо масловіддільник циклонного типу марки 50МО.

Мастилозбірник призначений для перепускання в нього масла з апаратів і подальшого видалення його з системи при низькому тиску. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, розрахованою на робочий тиск не більше 1,8 мПа в робочому діапазоні температур від -40 до +150 °С. Вибираємо мастилозбірник марки 10МЗС (Снежняскхиммаш).

Для захисту віддільника рідини від переповнювання, а так само зберігання агента при тривалій зупинці холодильної машини, в системі передбачений захисний дренажний ресівер. Підбір апарату здійснюється аналогічно лінійному ресіверу, т.ч. як дренажний вибираємо горизонтальний ресівер 0.75РВ.

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

9 РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Об'ємна витрата агента:

$$V_a = M_a / \rho, \text{ [м}^3/\text{с]}, \quad (9.1)$$

де ρ – щільність агента за відповідних умов, кг/м^3 .

Діаметр трубопроводу, що розраховується:

$$d = 1.13 \cdot (V_a / w)^{0.5}, \text{ [м]}, \quad (9.2)$$

де w – орієнтовна швидкість агента, що приймається виходячи з умов роботи трубопроводу м/с .

Нагнітальний трубопровід для одного компресора:

При $t_2 = 80^\circ\text{C}$ и $P_k = 19$ бар – щільність агента $\rho_2 = 86.6$ кг/м^3 .

$$V_a = 0.53 / 86.6 = 0.0061 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0061 / 14)^{0.5} = 0.023 \text{ м}.$$

Приймаємо на нагнітанні сталеву трубу 24×1.5 .

Всмоктуючий трубопровід для одного компресора:

При $t_1 = -6^\circ\text{C}$ и $P_0 = 5$ бар визначаємо щільність агента $\rho_1 = 24.4$ кг/м^3 .

$$V_a = 0.53 / 24.4 = 0.022 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.022 / 12)^{0.5} = 0.028 \text{ м}.$$

Приймаємо на всмоктуванні сталеву трубу 32×2 .

Трубопровід на сливі від конденсаторів до ресівера:

При $t_3 = 37^\circ\text{C}$ и $P_k = 19$ бар визначаємо щільність агента $\rho_3 = 964$ кг/м^3 .

$$V_a = 0.53 \cdot 3 / 964 = 0.0016 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0012 / 1)^{0.5} = 0.016 \text{ м}.$$

Приймаємо на рідинному зливі сталеву трубу 18×1.6 .

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

10 ОХОРОНА ПРАЦІ

Проектоване підприємство призначене для тривалого зберігання капусти. Холодильна установка, що забезпечує підтримку технологічного режиму зберігання в камерах, використовує холодильний агент аміак.

В компресорному цеху знаходиться холодильна машина, апарати якої знаходяться в тому ж приміщенні. Випарний конденсатор розташовано поза будівлею. Висота стелі складає 5,5 м. Компресорний цех має два виходи один з яких безпосередньо назовні. Апарати що вимагають постійного обслуговування обладнанні спеціальними майданчиками і сходами. Майданчики і сходи огороженні поручнем. Колектор приборів охолодження знаходиться в компресорному цеху, що дозволяє негайно відрегулювати подачу холодоагенту. Усе устаткування розміщене з необхідними проходами, без труднощів обслуговування. Загальна площа компресорного цеху складає 108 м².

Аміак R717, хімічна формула NH₃. Нормальна температура кипіння мінус 33,35 °С. При атмосферному тиску аміак — безбарвний газ, легше за повітря, з різким задушливим запахом.

Найбільш небезпечними властивостями аміаку є його токсичність і вибухонебезпека. Перебування людини протягом декількох хвилин в приміщенні з об'ємною часткою аміаку в повітрі — 0,5÷1% приводить до смертельного результату або сильного отруєння. Температура самозаймання аміаку 630 °С. При об'ємній частці в повітрі понад 11 % і наявності відкритого полум'я аміак починає горіти.

Суміш пари аміаку з повітрям при об'ємній частці 15÷28 % вибухонебезпечна. Максимальний тиск вибуху суміші біля 0,45 МПа. Аміак починає розкладатися при температурі вище 250 °С.

Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою

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

Приміщення аміачних машинних і апаратних відділень по вибухопожежно небезпеці відносяться до категорії "А" (клас вибухонебезпеки В-1б). Їх розміщують, як правило, в одноповерхових будівлях, прибудованих до корпусу холодильника або виробничої будівлі, в якій розміщені споживачі холоду.

У машинному відділенні передбачають не менше двох виходів, один з яких — безпосередньо назовні (через тамбур для середньої і північної смуги). Виходи розташовують на максимально можливій відстані один від одного.

Забезпечення вибухобезпеки експлуатації устаткування

Аміачна холодильна установка – герметична технологічна система, в якій по замкнутому контуру, без виробничих витрат, циркулює холодильний агент. В елементах АХУ відбуваються тільки термодинамічні процеси та пов'язані з ними фазові перетворення аміаку (пара→рідина та рідина→пара).

У приміщеннях та на ділянках аміачної холодильної установки, у суміжних приміщеннях/ділянках, поза приміщеннями, а також у самій установці, за умов нормальної експлуатації технологічної системи витоків холодильного агента не відбувається, вибухопожежно небезпечна суміш пари аміаку з повітрям не утворюється. Небезпека виникнення вибуху та пожежі з'являється тільки внаслідок позаштатних аварійних ситуацій, аварій, НС техногенного чи природного походження. Захист технологічного устаткування, трубопроводів та арматури від зруйнування під дією надлишкового тиску в системі забезпечений конструктивним виконанням елементів установки, системою захисних клапанів, приладами автоматичного захисту АХУ.

Підбір запобіжного клапану

Пропускна здатність запобіжного клапану вибирається так, щоб у посудині або балоні не створився тиск, що перевищує робочий більш ніж на

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

0.05 МПа для посудин з робочим тиском до 0.3 МПа включно; на 15 % для посудин із $P_{\text{раб}} = 6$ МПа; на 10 % для посудин із $P_{\text{раб}} > 6$ МПа.

Не рідше одного разу в 12 місяців запобіжний клапан перевіряють на стендах з наступним опломбуванням.

Визначимо мінімальну площу перетину клапана

$$F = \frac{M}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)}} \text{ [м}^2\text{]}, \quad (10.1)$$

де M – масова витрата рідини чи газу, $M = 1.168$ кг/с;

μ – коефіцієнт витрати газу (рідини) для даної конструкції клапану визначається експериментально і записується у його паспорті, $\mu = 0.75$;

B – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості газу при робочих параметрах та залежить від показника адіабати $k = 1.13$ й

відношення тисків $\frac{P_2}{P_1} = 0.076$;

$$B = 1.59 \sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}}$$

P_1, P_2 – відповідно тиск спрацювання клапану та абсолютний тиск за клапаном, $P_2 = 0.1$ МПа, $P_1 = 1.3$ МПа;

ρ – щільність середовища при тиску P_1 та температурі перед клапаном,

$$\rho = 13.5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$F = \frac{1.168}{0.75 \cdot 0.909 \sqrt{2 \cdot 13.5 \cdot (1.3 - 0.1) \cdot 10^6}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Діаметр клапану

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} \text{ [м]}, \quad (10.2)$$

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{3.14}} = 0.019 \text{ м}$$

Обираємо діаметр клапану з стандартного ряду $d = 0.02 \text{ м}$.

Організація безпечної експлуатації на холодильних установках.

Мета організаційних заходів щодо техніки безпеки на холодильних установках — створення безпечних умов праці шляхом постійного контролю за дотриманням правил монтажу, експлуатації і ремонту устаткування і систем установок, а також шляхом підтримки технічних знань обслуговуючого персоналу на необхідному рівні.

Адміністрація підприємства забезпечує холодильну установку необхідним штатом персоналу. Чисельність машиністів і слюсарів - ремонтників для обслуговування установки повинна відповідати «Нормативам чисельності робочих холодильних установок». Холодильна установка обслуговується, як правило, не менше чим двома машиністами в зміну. Обслуговування установки одним машиністом в зміну допускається тільки в тому випадку, якщо за умовами технологічного процесу можливе тимчасове припинення холодопостачання з виключенням холодильної установки.

Заземлювання.

Заземлювання потрібно підключати до корпусів електричних машин, трансформаторів, реостатів, металевим корпусам вимикачів, запобіжників та штепселів, каркасам щитів, металевим оболонкам кабелів, приводам електроустаткування, металевим частинам прожекторів та іншим не струмопровідним частинам.

Розрахунок штучного заземлювання

Мета розрахунку полягає у визначенні основних параметрів штучного заземлювання – число, розміри та порядок розміщення окремих заземлювачів та заземлюючих провідників.

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

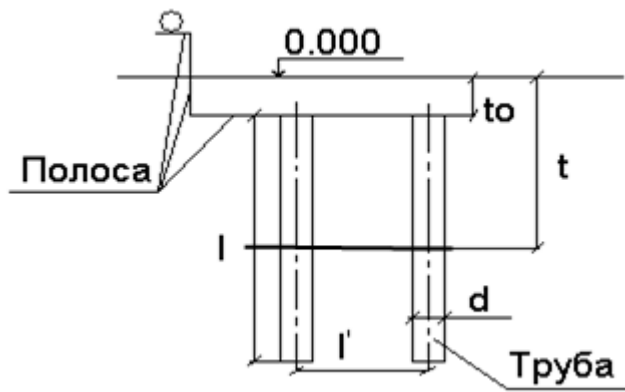


Рис.8.1 – Схема заземлювання

Потрібний опір заземлюючого пристрою в електроустановках з напругою до 1000 В складає $R_{тр} = 4$ Ом [6].

Визначимо розрахункове значення питомого опору ґрунту

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \psi, \quad (10.3)$$

де ρ_ϕ – питомий опір ґрунту – опір 1 м^3 ґрунту між протилежними гранями, до яких прикладені вимірювальні електроди. Питомий опір ґрунту залежить від структури ґрунту, її вологості, розчиненої солі, а також від пори року;

приймаємо $\rho_\phi = 40$ Ом·м для глини [6]

ψ – кліматичний коефіцієнт, враховуючий сезонні коливання вологості ґрунту, $\psi = 1,1..2$ [6]

приймаємо $\psi = 1,1$.

$$\rho_p = 1,1 \cdot 40 = 44 \quad \text{Ом} \cdot \text{м}.$$

Для штучного заземлювання приймаємо електроди – вертикальні сталеві труби діаметром 40 мм, полосова сталь 9×3 мм. Спочатку обираємо систему розташування вертикальних заземлювачів – в ряд.

Задаємося довжиною вертикального заземлювача з умови

$$\frac{l'}{l} = 1; 2; 3, \quad (10.4)$$

де l' – відстань між заземлювачами, $l' = 6$ м;

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

l – довжина заземлювача.

$$l = \frac{l'}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ м}$$

приймаємо, що $t_0 \geq 0.5$ м – глибина, на яку заглиблюються заземлювачі

$$t = \frac{l}{2} + t_0 = \frac{3}{2} + 0.5 = 2 \text{ м}$$

Розрахуємо опір одного вертикального заземлювача

$$R_0 = \frac{\rho_p}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) [\text{Ом}], \quad (10.5)$$

$$R_0 = \frac{44}{2\pi \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.035} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 12.93 \text{ Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

$$n = \frac{R_0}{R_{тр}} = \frac{15.29}{4} = 3.23 \text{ шт}$$

обираємо стандартну кількість заземлювачів $n' = 4$ шт.

Визначимо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{св} = \frac{R_0}{n' \cdot \eta_B}, \quad (10.6)$$

де η_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів,

$$\eta_B = 0,77 [6].$$

$$R_{св} = \frac{12.93}{4 \cdot 0.89} = 3.63 \text{ Ом}$$

Визначимо опір з'єднувальної смуги:

Довжина смуги:

$$L = (n' - 1) \cdot l' = (4 - 1) \cdot 6 = 18 \text{ м}$$

Довжина смуги не повинна перевищувати 150 м

Опір смуги:

$$R_n = \frac{\rho_p}{2\pi L \eta_r} \cdot \ln \frac{L^2}{d \cdot t_0}, \quad (10.7)$$

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

де η_r – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів,
 $\eta_r = 0.92$ [6].

$d = 0.5$; $b = 0.5 \cdot 0.012 = 0.006$ м – для смуги шириною b

$$R_n = \frac{44}{2\pi \cdot 18 \cdot 0.92} \cdot \ln \frac{18^2}{0.006 \cdot 0.5} = 4.9 \text{ Ом}$$

Визначимо загальний опір системи

$$R_c = \frac{R_n \cdot R_{cb}}{R_n + R_{cb}} < R_{тр}$$

$$R_c = \frac{4.9 \cdot 3.63}{4.9 + 3.63} = 2.08 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Протипожежні заходи

Протипожежні заходи забезпечуються комплексом проектних рішень, спрямованих на попередження пожежі та вибуху, а також створення умов, які сприяють успішному гасінню пожежі, перешкоджають її поширенню та забезпечують можливість евакуації працівників та матеріальних цінностей.

Згідно діючих типових "Правил пожежної безпеки для промислових підприємств", "Правилам пристроїв і безпечною експлуатації аміачних холодильних установок", ВНТП-СНиП-46-25.96 у приміщенні компресорної передбачається установка щиту первісних засобів гасіння пожежі з комплектом засобів :

- вогнегасник пінний – 2 шт.;
- вогнегасник вуглекислотний – 1 шт.;
- ящик з піском ($V=0.1 \text{ м}^3$) та лопата;
- лопата;
- багор;
- відро.

Визначення об'єму недоторканого запасу води для гасіння пожежі

Розрахуємо ємність пожежного резервуару для гасіння пожежі на промислового підприємстві виходячи з наступних даних:

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

Об'єм приміщення компресорного цеху $V=494 \text{ м}^3$

категорія приміщення – А

Ємність водоймища визначимо з умови забезпечення необхідної за нормами витрати води на зовнішнє пожежогасіння протягом розрахункового часу [6]

$$V_a = \frac{k \cdot g \cdot n \cdot \tau}{1000} \cdot 3600 \text{ [м}^3\text{]}, \quad (10.8)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 1.1..1.2$, приймаємо $k = 1,2$;

g – витрата води на зовнішнє пожежогасіння, $g = 10 \frac{\text{л}}{\text{с}}$;

n – кількість одночасних пожеж, згідно зі СНиП 2.04.02-84, приймаємо $n = 1$;

τ – тривалість гасіння пожежі.

Згідно зі СНиП 2.04.02-84 при ступені вогнестійкості I и II з виробництвами категорій Г та Д розрахункову тривалість гасіння пожежі слід приймати рівною двом годинам; в інших випадках – три години, приймаємо $\tau = 3 \text{ г.}$

$$V_a = \frac{1.2 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 3}{1000} \cdot 3600 = 130 \text{ м}^3$$

Виробнича санітарія

Попередження виникнення шкідливих виробничих факторів можливо тільки за умов суворого дотримання санітарно-технічних вимог та норм, визначених санітарними нормами відповідних розділів будівельних норм та правил и Держстандарту.

Вимоги особистої гігієни та виробничої санітарії, засоби виявлення першої медичної допомоги при нещасних випадках розглядаються у вступному інструктажі.

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

Вентиляція

Вид вентиляції залежить від вживаного хладагента. Машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок повинні бути обладнані системами витяжної вентиляції з кратністю повітрообміну в годину, визначуваною розрахунком, але не менше 2 для притоки і 3 для витяжки.

Тамбури-шлюзи і приміщення щитів автоматизації, суміжні з машинними відділеннями, обладнали окремими системами вентиляції приточування, що постійно діяли, забезпечують кратність повітрообміну не менше 5 об'ємів в годині Системи вентиляції мають резервні вентилятори, що автоматично включаються при виході з ладу основних.

Визначимо видатність вентиляції з кратності повітрообміну

$$L = k \cdot V_{\text{пом}} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right], \quad (10.9)$$

де k – кратність повітрообміну, приймаємо для робочої вентиляції:

а) припливної $k = 2 \text{ год}^{-1}$; б) витяжної $k = 3 \text{ год}^{-1}$; в) аварійної $k=8 \text{ год}^{-1}$

$V_{\text{пом}}$ – об'єм приміщення, $V_{\text{пом}} = 594 \text{ м}^3$.

тоді

$$L_{\text{прит}} = 2 \cdot 938 = 1876 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$L_{\text{выт}} = 3 \cdot 938 = 2814 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$L_{\text{ав}} = 8 \cdot 938 = 7504 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначимо потужність вентилятора

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta P_n}{\eta_v \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot 3.6 \cdot 10^6} \text{ [кВт]}, \quad (10.10)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 1,05..1,5$;

L – видатність вентиляції, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$;

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

ΔP_n – втрати тиску в мережі повітроводів;

приймаємо для робочої вентиляції:

– високонапірні вентилятори ($2900 < \Delta P_n < 4500$) Па;

η_v – КПД вентилятора, $\eta_v = 0,6..0,8$; приймаємо $\eta_v = 0,7$;

$\eta_{пр}$ – КПД приводу при клиноремінній передачі $\eta = 0,95$.

$$\text{припливна} - N = \frac{1.2 \cdot 1876 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 1.88 \text{ кВт}$$

$$\text{витяжна} - N = \frac{1.2 \cdot 2814 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 2.82 \text{ кВт}$$

$$\text{аварійна} - N = \frac{1.2 \cdot 7504 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 7.52 \text{ кВт}$$

Приймаю для аварійної вентиляції відцентровий вентилятор Ц4-70 № 8 при $n = 720$ об/мин; для припливної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 6 при $n = 960$ об/мин; для витяжної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 5 при $n = 1440$ об/мин.

Освітлення

У приміщеннях машинних і апаратних відділень холодильних установок передбачають наступні види штучного освітлення: робоче, аварійне і місцеве (для ремонту, огляду і т. п.).

Освітленість робочих поверхонь в машинних і апаратних відділеннях, що створюється робочим освітленням, повинна складати не менше, 75 лк при використанні ламп накаливання або не менше 150 лк при використанні люмінесцентних ламп .

Освітленість приладів контролю повинна складати не менше 300 лк при використанні будь-яких ламп.

Окрім робочого освітлення, в приміщеннях машинних і апаратних відділень передбачають аварійне освітлення від незалежного джерела, що автоматично включається при відключенні основного джерела освітлення. У машинних відділеннях автоматизованих хладонових установок аварійне освітлення може не передбачатися.

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

Для місцевого освітлення при огляді, ремонті і очищенні внутрішніх порожнин машин і апаратів аміачних холодильних установок застосовують переносні світильники у вибухозахищеного виконання напругою не вище 12В.

Розрахунок освітлення

Розміри приміщення $A \times B \times H = (12 \times 9 \times 5.5)$ м. Світильники прийняті у вибухозахищеному виконанні; лампи – люменісцентні; система освітлення – загальна.

Визначимо відстань, між центрами світильників виходячи з умови

$$\frac{L}{H_p} = 1.5 \Rightarrow L = 1.5 \cdot H_p, \text{ м}$$

$$L = 2.8 \cdot 1.5 = 4.2 \text{ м}$$

Визначимо кількість світильників

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \text{ [шт]}, \quad (10.11)$$

$$N = \frac{12 \cdot 9}{4.2^2} = 6.12 = 7 \text{ шт}$$

Визначимо світловий потік одного світильника

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot z \cdot S \cdot 100}{N \cdot \eta} \text{ [лм]}, \quad (10.12)$$

де E_n – нормована мінімальна освітленість, $E_n = 150$ лк [7];

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,1$;

S – площа приміщення, $S = 12 \cdot 9 = 108 \text{ м}^2$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку залежить від:

КПД та кривої розподілення сили світла світильника, коефіцієнту відбиття від стелі та стін ($\rho_{ст}$, $\rho_{п}$), висоти підвісу світильників над робочей поверхнею, показника приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{12 \cdot 9}{2.8 \cdot (12 + 9)} = 1.83 \quad \text{тоді приймаємо } \eta = 33 \text{ [7].}$$

$$\Phi = \frac{150 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 108 \cdot 100}{7 \cdot 33} = 11571 \text{ лм}$$

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

Компонуємо світильник:

Беремо 6 ламп марки ЛДЦ40 зі світловим потоком однієї лампи 2100 лм. Знаходимо сумарний світловий потік одного світильника $\Sigma \Phi = 12600$ лм.

Припустиме відхилення у розрахунку (-10% ÷ +20%).

$$\Delta = \frac{|\Phi - \Sigma \Phi|}{\Phi} \cdot 100\% = \frac{|11571 - 12600|}{11571} \cdot 100\% = 8.9\%$$

Потужність освітлювальної установки

$$P = N \cdot n \cdot p \text{ [Вт]}, \quad (10.13)$$

де n – кількість ламп у світильнику, $n = 6$ шт;

p – потужність лампи, $p = 40$ Вт;

$$P = 7 \cdot 6 \cdot 40 = 1680 \text{ Вт.}$$

Долікарська допомога у випадку отруєння аміаком та ураженні електричним струмом

Ураження електричним струмом

Перша долікарська допомога у нещасних випадках від електричного струму складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання йому медичної допомоги.

Звільнення потерпілого від дії струму найбільш простий та правильний спосіб – це відключення відповідної частини електроустановки. Якщо відключення швидко зробити неможна через будь-які причини, при напрузі до 1000 В перерубати дроти сокирою з дерев'яною рукояткою або відтягнути потерпілого від струмопровідної частини, тримаючись за його одяг, якщо він сухий, відкинути від нього дріт за допомогою дерев'яної палиці та ін.

При напрузі більше 1000 В слід застосовувати діелектричні рукавиці, боти та в необхідних випадках ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі, розраховані на відповідну напругу.

Заходи першої медичної допомоги потерпілому від електричного струму залежать від його стану. Якщо потерпілий у свідомості, але до цього був в непритомності або тривалий час знаходився під струмом, йому

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

необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря або терміново доставити до лікувальної установи.

За відсутності свідомості, але диханні, що збереглося, і роботі серця потрібно рівно і зручно укласти постраждалого на м'яку підстилку, розстебнути пояс і одяг, забезпечити притоку свіжого повітря. Слід давати нюхати нашатирний спирт, окропляти потерпілого холодною водою, розтирати і зігрівати тіло.

Якщо постраждалий погано дихає - рідко, судорожно або якщо дихання поступово погіршується, тоді як у всіх цих випадках продовжується нормальна робота серця, необхідно робити штучне дихання.

За відсутності ознак життя треба робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Отруєння аміаком

Постраждалий від отруєння аміаком повинен бути винесений на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При необхідності слід застосувати штучне дихання. Постраждалий повинен бути звільнений від перешкоджаючого диханню одягу, на ньому треба змінити забруднений одяг і надати йому повний спокій. Зробити інгаляцію теплою парою (через паперову трубочку) з чайника, що містить 1-2% розчин лимонної кислоти в гарячій воді. Дати випити солодкий чай, каву, лимонад або 3% розчин молочної кислоти. Рекомендується у всіх випадках отруєння вдихати кисень в течію 30-45 хв., зігріти постраждалого (обкласти грілками).

У разі глибокого сну і можливого зниження больової чутливості слід дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків грілками.

За наявності явищ роздратування носоглотки необхідне полоскання її 2% розчином соди або водою. Незалежно від стану постраждалий повинен бути направлений до лікаря.

У разі задухи, кашлю потерпілого слід транспортувати в лежачому положенні.

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

Для надання долікарської допомоги в операторській аміачного компресорного цеху є аптечка, в якій повинні бути:

1–2 % розчин лимонної кислоти;

2–4% розчин борної кислоти;

1% розчин новокаїну, кодеїну (або діоніну);

етиловий спирт, сода;

бинти, вата, марлеві серветки;

мазь Вишневського (або пеніциллінова мазь), йод.

ЗАХИСТ РОБОЧИХ І СЛУЖБОВЦІВ ВІД СИЛЬНО ДІЮЧИХ ОТРУЮЧИХ РЕЧОВИН (АМІАК)

Безпека і надійність роботи персоналу забезпечується суворим дотриманням технологічних режимів експлуатації основних виробничих агрегатів і перевантажувальних комплексів, своєчасним проведенням капітальних і регламентних ремонтів.

Основні напрямки діяльності адміністрації в питаннях попередження локалізації і ліквідації надзвичайних ситуацій:

1. Попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру і забезпечення мінімізації збитку у разі стихійного лиха, аварій, катастроф, вибухів:

- планування заходів щодо попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій; прогнозування можливості виникнення надзвичайних ситуацій і масштабів їх розвитку; безперервний контроль за станом навколишнього природного середовища; забезпечення необхідного рівня оснащення і підготовки аварійно-рятувальних формувань; організація їх підготовки для дій з призначення; створення необхідних запасів матеріальних засобів, зв'язку, засобів індивідуального захисту, медичного устаткування.

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

2. Оповіщення персоналу і населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій, постійне інформування про обстановку, що складається:

- створення локальних систем оповіщення;
- забезпечення ефективної роботи диспетчерської служби;

3. Виконання заходів щодо захисту основних виробничих фондів (забезпечення стійкості систем водопостачання, теплопостачання, електропостачання, газопостачання і так далі).

4. Підготовка і перепідготовка осіб керівного, інженерно-технічного складу по питаннях охорони праці, цивільній обороні, пожежній безпеці.

5. Захист персоналу заводу від наслідків надзвичайних ситуацій:

- забезпечення засобами захисту, приладами контролю;
- укриття в захисних спорудах;
- евакуація;
- медичне забезпечення.

6. Організація і проведення рятувальних і інших невідкладних робіт, організація життєзабезпечення персоналу у разі надзвичайних ситуацій:

- планування заходів щодо ліквідації надзвичайних ситуацій і ведення рятувальних і інших невідкладних робіт (план ЦО, об'єктова підсистема, інструкції);
- забезпечення управління підприємством в екстремальних умовах;
- організація рятувальних і інших невідкладних робіт.

Для своєчасного реагування на можливі надзвичайні ситуації, пов'язані з викидом (протокою) аміаку і інших шкідливих речовин в атмосферу, на заводі є автоматизована система контролю навколишнього середовища (АСКНС), що забезпечує постійний контроль і своєчасне виявлення шкідливих речовин в повітрі на території заводу і в довколишніх населених пунктах.

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

Система АСКНС включає п'ять станцій багатокомпонентного контролю атмосфери, які автоматично, в постійному режимі передають інформацію на комп'ютер диспетчера про наявність в атмосфері наступних речовин: аміаку, метанолу, окислу вуглецю, двоокиси сірі, водяної пари, окислу і двоокису азоту.

Є система моніторингу аміаку в місцях виробництва, перевантаження і зберігання аміаку, що складається з 31 датчика, які в автоматичному режимі передають інформацію про наявність аміаку в атмосфері на комп'ютер диспетчера заводу і в ЦПУ цехів виробництва аміаку, перевантаження аміаку і виробництва карбаміду, а також оперативному черговому Головного управління МНС в Одеській області.

На підприємстві впроваджена автоматизована комп'ютерна система моделювання і розрахунку зон ураження при розливах аміаку, що дозволяє в режимі реального часу і на будь-який прогнозований період визначити території, що потрапили в зону зараження, і концентрацію аміаку в них. При цьому автоматично враховується вплив метеорологічних параметрів: швидкість і напрям вітру, температура, вологість, стан атмосфери, які поступають на комп'ютер з автоматичної метеостанції.

Межі допустимої концентрації аміаку:

- у населеному пункті – 0.2 мг/м³;
- на території підприємства – 7 мг/м³;
- вражаюча концентрація – 250 мг/м³;
- смертельна концентрація – 1000 мг/м³;

Запах аміаку відчувається при концентрації більше 0.5 мг/м³.

Безпека персоналу підприємства забезпечується наявністю індивідуальних і колективних засобів захисту. Кожному працівникові заводу виданий протигаз з коробкою мазкі КД, орієнтовний час захисної дії якого наступний:

- при концентрації 100 мг/м³ – 75 годин; 300 мг/м³ – 25 годин;
- 2000 мг/м³ – 4 години.

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

Є три захисні споруди, призначені для укриття і захисту людей від отруйливих речовин, проникаючої радіації, світлового випромінювання, ударної хвилі, радіоактивного пилу, бактерійних засобів, місткістю 600 чоловік кожне, із ступенем ослаблення проникаючої радіації - 2000.

Устаткування захисних споруд забезпечує їх експлуатацію в режимах:

I – чистій вентиляції;

II – фільтровентиляція повітря;

III – повній ізоляції від зовнішнього повітря, з регенерацією і створенням підпору повітря.

На підставі Закону України Про цивільну оборону України, Закону України "Про єдину державну систему по попередженню і реагуванню на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру" на заводі є відділ по питаннях надзвичайних ситуацій і цивільній обороні.

Штатний склад відділу - 4 людини.

Відділ по питаннях НС і ГО здійснює:

- роботу по впровадженню і реалізації на заводі державних правових норм у сфері цивільної оборони, захисту працюючого персоналу і територій від надзвичайних ситуацій;

- розробку планів цивільної оборони і здійснення організаційних в інженерно-технічних заходів, направлених на попередження надзвичайних ситуацій і підвищення стійкості функціонування заводу в надзвичайних ситуаціях;

- організацію взаємодії аварійно-рятувальних служб заводу;

- забезпечення взаємодії з місцевими виконавськими органами і координацію дій з органами управління територіальних структур МНС України при реагуванні на надзвичайні ситуації і ліквідації їх наслідків;

- організацію роботи диспетчерської служби заводу по сповіщенню працюючого персоналу ОПЗ, розташованих поблизу заводу підприємств і населення при загрозі і виникненні надзвичайних ситуацій;

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

- забезпечення роботи автоматизованих систем аналізу і прогнозу хімічної обстановки і технічних засобів сповіщення;

- підтримка в постійній готовності до використання колективних засобів захисту, запасного пункту управління цивільної оборони і запасного диспетчерського пункту;

- підготовку і навчання персоналу заводу по питаннях цивільної оборони, попередження і реагування на надзвичайні ситуації.

Зовнішній і внутрішній контури системи контролю рівня загазованості повинні мати два рівні контролю концентрації аміака в повітрі:

- I рівень. Гранично допустима концентрація (ГДКр.з);

- II рівень. Аварійний витік фреону - концентрація фреону у місцях установки датчиків досягла величини, рівної 25 ГДКр.з

е) Система повинна бути обладнана автоматичними засобами, що дозволяють контролювати рівень загазованості на промисловому майданчику (I рівень зовнішнього контура контролю) і прогнозувати розповсюдження зони хімічного зараження за територію об'єкту. Таке оснащення повинне бути обгрунтоване оцінкою можливих наслідків аварії, підтвердженої відповідними розрахунками.

ж) Для фреонових холодильних установок, що мають в своєму складі технологічні блоки III категорії вибухонебезпеки.

з) Допускається установка сигналізаторів концентрації пари фреону, що спрацьовують при заданих значеннях концентрацій. Об'єм інформації від встановлених сигналізаторів повинен бути достатнім для формування відповідних дій, що управляють.

и) Система контролю рівня загазованості при перевищенні заданої величини концентрації фреону повинна забезпечувати автоматичне виконання наступних дій:

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

Висновок

Виконуючи усі вимоги по захисту ми огороджуємо себе від небезпеки, вчасно визначитись зоною аварії, нам дає час на ліквідування осередків. Необхідно пам'ятати, що безпека людини та навколишнього середовища в значній мірі знаходиться в руках самої людини. Тому суворе дотримання правил та вимог охорони праці на підприємстві надасть можливість уникнути нещасних випадків та аварій на виробництві.

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

Список використаної літератури

1. 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.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт 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. – 46 с.

3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт 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. – 122 с.

4. Методичні вказівки до самостійної роботи 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. – 70 с.

5. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарева ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 222-223.

6. Низькопотенційна енергетика [Текст] : навч. посіб. / А. О. Редько, М. К. Безродний, М. В. Загорученко та ін. ; Нац. техн. ун-т України "Київський політехнічний університет", Одес. нац. акад. харч. технологій, Харків. нац. ун-т будівництва та архітектури, Вінниц. нац. техн. ун-т. — Харків : Друкарня Мадрид, 2016. — 412 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 404-405.

7. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М.Г. Хмельнюка; Одеська нац. академія харчових технологій. — Херсон : Грінь Д.С., 2014. — 484 с. : іл.

8. Холодильні установки [Текст]: навч. посіб. / О. С. Подмазко, С. Ю. Лар'яновський. — Одеса: ОДАХ, 2012. — 60 с.

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

