

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Енергетичне машинобудування»
Омельченко О.В.
«___» _____ 2022 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
за освітньою програмою «Холодильні машини і установки»

на тему: **МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ЗАМОРОЖУВАННЯ ЕКСТРАКТУ КАВИ**

Виконав:
здобувач вищої освіти _____ Шкільна Юлія Сергіївна _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: _____ к.т.н., доцент Омельченко О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь бакалавр

Галузь знань Енергетична інженерія

Освітня програма Холодильні машини і установки

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Енергетичне
машинобудування»

Омельченко О.В.

« » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шкільній Юлії Сергіївні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Модернізація холодильної установки для заморозування екстракту кави»

Керівник роботи к.т.н., доцент Омельченко О.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «19» листопада 2021 р. № 416-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «02» червня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналіз технологічного процесу заморозування кавового екстракту.

3. Модернізація холодильної установки для заморозування екстракту кави.

4. Охорона праці.
5. Висновки.
6. Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 1. Ростер Torref TKM-SX 10.
 2. Промисловий кавовий млин.
 3. Схема заморожування кавового екстракту.
 4. Технологічна схема холодильної машини.
 5. Схема холодильної машини.
 6. Гвинтовий компресор MYSOM.
 7. Пластинчастий теплообмінник модель AMX-30-25.
6. Дата видачі завдання «30» листопада 2021 р.
7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2022-15.02.2022
2	Аналіз технологічного процесу заморожування кавового екстракту	16.12.2022-10.03.2022
3	Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави	11.03.2022-15.04.2022
4	Охорона праці	16.04.2022-30.04.2022
5	Висновки по роботі	01.05.2022-12.05.2022
6	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2022-05.06.2022

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Шкільна Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 44 сторінок. Робота містить 11 рисунків, 5 таблиць. Список використаних джерел складається з 17 найменувань.

Об'єкт роботи – холодильна установка.

Предмет роботи – заморожування екстракту кави.

Мета роботи – модернізації холодильної установки для заморожування екстракту кави.

Бакалаврська робота присвячена модернізації холодильної установки для заморожування екстракту кави. Здійснено аналіз технологічного процесу заморожування кавового екстракту. Докладно розглянуто ділянку заморожування кавового екстракту.

Сконцентровано увагу на тому, щоб отримати тверду розчинну каву її заморожують приблизно до -40°C , щоб сформувати тонкий шар, який потім розбивається на крихітні шматочки. Ці гранули надалі завантажуються в сублімаційну сушарку: для сушіння сублімації замороженого продукту використовуються як періодичні, так і безперервні установки. Зазначено, що у кавовий екстракт додають пил, який утворився після дроблення кави, отримана суміш прямує у вататори. Вотатор являє собою великий кожухотрубний теплообмінник із шнеком всередині. Зовнішній шар вотатора наповнений рідким CO_2 , внутрішній – кавовим екстрактом. В результаті на виході отримується кавовий екстракт із утворенням кристалів льоду.

Вважається, що швидкість заморожування кавового екстракту є основним чинником кольору кінцевого продукту. Висока швидкість заморожування дає продукт, який має світло-коричневий чи коричневий колір. У міру уповільнення швидкості замерзання виходить темніший, більш бажаний продукт. Колір кінцевого продукту, а саме кави може контролюватись шляхом коригування швидкості заморожування екстракту.

Здійснено розрахунок розширення холодної кімнати для заморожування кавового екстракту. Визначено планування нової холодильної камери, здійснено розрахунки товщини теплоізоляції будівельних конструкцій та теплотехнічний розрахунок холодильного контуру підприємства.

Було розраховано та підібрано сучасне холодильне обладнання, а саме гвинтовий компресор MYCOM серії SCV холодопродуктивністю 760 кВт, пластинчастий теплообмінник модель AMX-30-25, повітроохолоджувач FDA172\CO2-EL. Прийнято насосно-циркуляційну схему холодильної установки. Розроблено схему комплексної автоматизації, що передбачає контроль, захист, сигналізацію, керування та регулювання параметрів роботи холодильної установки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: кави, холодильна установка, заморожування екстракту кави, гвинтовий компресор, холодопродуктивність, пластинчастий теплообмінник, повітроохолоджувач, засоби автоматизації, теплоізоляція будівельних конструкцій, планування холодильника, теплопритоки.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАМОРОЖУВАННЯ КАВОВОГО ЕКСТРАКТУ	7
1.1 Технологія виробництва кави	7
1.2 Сублімаційне сушіння у кавовій промисловості	10
1.3 Заморожування кавового екстракту	11
1.4 Способи заморожування кавового екстракту	14
РОЗДІЛ 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЕКСТРАКТУ КАВИ	16
2.1 Планування охолоджувальних приміщень	16
2.2 Теплотехнічний розрахунок камери	17
2.2.1 Продуктивність конвеєра	17
2.2.2 Теплоприплив від продукту	18
2.2.3 Теплоприплив від огорожі	18
2.2.4 Експлуатаційні теплопритоки	19
2.2.5 Загальні теплопритоки	19
2.2.6 Об'єм повітря, що циркулює через АХУ	19
2.2.7 Кількість АХУ	20
2.2.8 Визначення навантаження на обладнання	21
2.3 Підбір холодильного обладнання	21
2.3.1 Принципова схема аміачної холодильної установки	21
2.3.2 Розрахунок компресора	25
2.3.3 Опис системи повернення олії в компресорні агрегати	28
2.4 Розрахунок пластинчастого випарника-конденсатора	29
2.5 Підбір повітроохолоджувача	31
2.6 Система аварійного звільнення обладнання	32
2.6.1 Заповнення (поповнення) аміачної холодильної установки рідким аміаком	33
2.6.2 Заповнення (поповнення) холодильної установки рідким CO ₂	34
2.7 Автоматизація холодильної установки	42
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	38
3.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	38
3.2 Мікроклімат виробничих приміщень	38
3.3 Штучне та природне освітлення	39
3.4. Електробезпека та пожежна безпека	39
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44
ДОДАТКИ	45

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					1	50
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>						
Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави							

ВСТУП

Актуальність роботи. Виробництво кави – це метод перетворення сирих плодів кавових рослин у готову каву. Існують різні способи обробки кави, які можуть суттєво вплинути на смакові якості. Величезне зростання попиту на високоякісні кавові продукти означає, що дрібні виробники можуть використовувати якість та інновації, щоб отримати вигоду від цього величезного потенціалу.

Мета та задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави.

Практична та наукова новизна. У роботі здійснено аналіз технологічного процесу заморожування кавового екстракту. Докладно розглянуто ділянку заморожування кавового екстракту.

Сконцентровано увагу на тому, щоб отримати тверду розчинну каву її заморожують приблизно до -40°C , щоб сформувати тонкий шар, який потім розбивається на крихітні шматочки. Ці гранули потім завантажуються в сублимаційну сушарку: для сушіння сублимації замороженого продукту використовуються як періодичні, так і безперервні установки. Зазначено, що у кавовий екстракт додають пил, який утворився після дроблення кави, отримана суміш прямує у вататори. Вотатор являє собою великий кожухотрубний теплообмінник із шнеком всередині. Зовнішній шар вотатора наповнений рідким CO_2 , внутрішній – кавовим екстрактом. В результаті на виході отримується кавовий екстракт із утворенням кристалів льоду.

Вважається, що швидкість заморожування кавового екстракту є основним чинником кольору кінцевого продукту. Висока швидкість заморожування дає продукт, який має світло-коричневий чи коричневий колір. У міру уповільнення швидкості замерзання виходить темніший, більш бажаний продукт. Колір кінцевого продукту, а саме кави може контролюватись шляхом коригування швидкості заморожування екстракту.

Здійснено розрахунок розширення холодної кімнати для заморожування кавового екстракту. Визначено планування нової холодильної камери, здійснено розрахунки товщини теплоізоляції будівельних конструкцій та теплотехнічний розрахунок холодної контуру підприємства.

Було розраховано та підібрано сучасне холодильне обладнання, а саме гвинтовий компресор MYCOM серії SCV холодопродуктивністю 760 кВт, пластинчастий теплообмінник модель AMX-30-25, повітроохолоджувач FDA1\72\CO2-EL. Прийнято насосно-циркуляційну схему холодильної установки. Розроблено схему комплексної автоматизації, що передбачає контроль, захист, сигналізацію, керування та регулювання параметрів роботи холодильної установки.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>				Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						1	50
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАМОРОЖУВАННЯ КАВОВОГО ЕКСТРАКТУ

1.1 Технологія виробництва кави

Виробництво кави – це метод перетворення сирих плодів кавових рослин у готову каву. Існують різні способи обробки кави, які можуть суттєво вплинути на смакові якості. Крім того, остаточний формат кавових продуктів і те, як люди п'ють каву, також відіграє важливу роль у смаку. Величезне зростання попиту на високоякісні кавові продукти означає, що дрібні виробники можуть використовувати якість та інновації, щоб отримати вигоду від цього величезного потенціалу.

Сушка зеленої кави. Оскільки вологість зеленого зерна в середньому становить близько 10%, необхідно висушити зерно, перш ніж, щоб почався процес обсмажування. В цей момент надзвичайно важливо контролювати температуру обсмаження, щоб в процесі сушіння не спалити каву. Коли ця стадія переходить до наступної, температури кави буде близько 160 °С.

Обсмажування. Першою реакцією кавових зерен є зміна кольору. Це стадія у процесі якої аромат зерна починає розвиватися. Іншими словами, перетворення простих ароматів на комплексні ароматичні сполуки.

Хоча ця стадія є наступною, але стадію сушіння на цей момент ще не завершено. На цьому етапі зерно проходить реакцію Майяра. Це означає, що природні цукри та амінокислоти в кавових зернах починають реагувати і створюють характерний для них колір та смак.

Обсмажування починає сповільнюватись після цієї реакції. Це означає, що зерно розширюється, що призводить до наступного етапу. Розкрите зерно починає виділяти все тепло, яке накопичувалося на попередніх етапах, що називається екзотермічним нагріванням. Цей етап обсмажування допомагає досягти бажаних ароматичних сполук.

Ступінь обсмажування є одним з найважливіших чинників, який використовується для ідентифікації відповідного ступеню обсмажування. У світло обсмажених зерен може бути скислий або кислотний смак, в той час як темно обсмажування має більш в'язкий, гіркуватий присмак. Світле обсмажування розкриває фруктові ноти, а темно обсмажені зерна мають трохи підсмажений смак. Це пов'язано з тим, що світло обсмажені зерна містять органічну сполуку, яка надає світло обсмаженому зерну фруктовий присмак. Це з'єднання, однак, руйнується, коли процес обсмажування йде далі, що призводить до паленого смаку. По суті, ми можемо припустити, що світле обсмажування дозволяє досягти чистішого смаку кави. Світло обсмажену каву легше порівнювати одну з одною, ніж темно обсмажену.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шкільна</i>			Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					10	50
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Омельченко</i>						

Ступінь обсмажування відіграє найбільшу роль коли справа доходить до визначення остаточного смаку кави. Час обсмажування, однак, також грає важливу роль у цьому процесі. Основним принципом тут є те, що згуртованість між усіма етапами є найважливішою. При швидкому обсмажуванні створюється більше ароматичних сполук, але є ризик спалити каву. Коли обсмаження здійснюється повільно є більше контролю над розвитком смаку.

Ростери призначені для обжарювання кавових зерен. Ростер Торре ТКМ-SX 10 представлено на рис. 1.1. Призначений для завантаженням на 10 кг зеленої.



Рисунок 1.1 – Ростер Торре ТКМ-SX 10

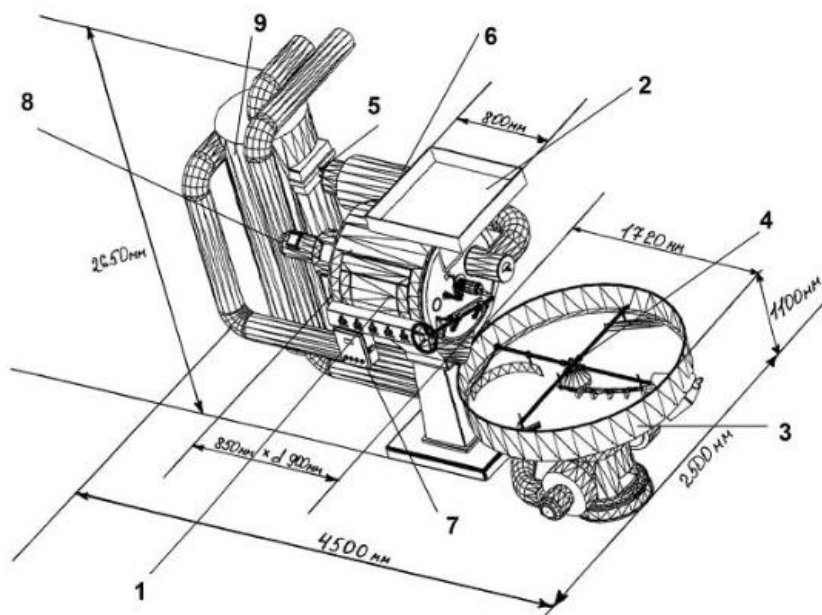


Рисунок 1.2 – Ростер для смаження «Вайз»

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

На рис. 1.2 позначено: 1 – піч; 2 – бункер для сирого продукту; 3 – охолоджуюча тарілка; 4 – охолоджуюча тарілка; 5 – блок електронного запалювання; 6 – теплопровідний колектор; 7 – пульт управління; 8 – електродвигун; 9 – відлушувач.

Після закінчення обсмажування кавових зерен необхідно позбутися від відходів, створених у процесі обжарювання. Наш зовнішній циклон – це аксесуар, який очищує від лушпиння, яке виникло в процесі обсмажування.

Оскільки зовнішній циклон збирає лушпиння, зерна, що вивантажуються на охолоджувач вже відокремлені від нього і можуть бути використані безпосередньо після охолодження.

Екстракція кави. Після обсмажування кава дробиться, рис. 1.3 і прямує в екстракційні батареї. Завантаження кави в батареї відбувається з рухомого візка під вакуумом. На початку завантаження вакуум екстракторі становить 400 мм вод. ст., під час завантаження вакуум падає до 100-150 мм вод. ст. Вакуум створюється і підтримується в екстракторі ежектором.

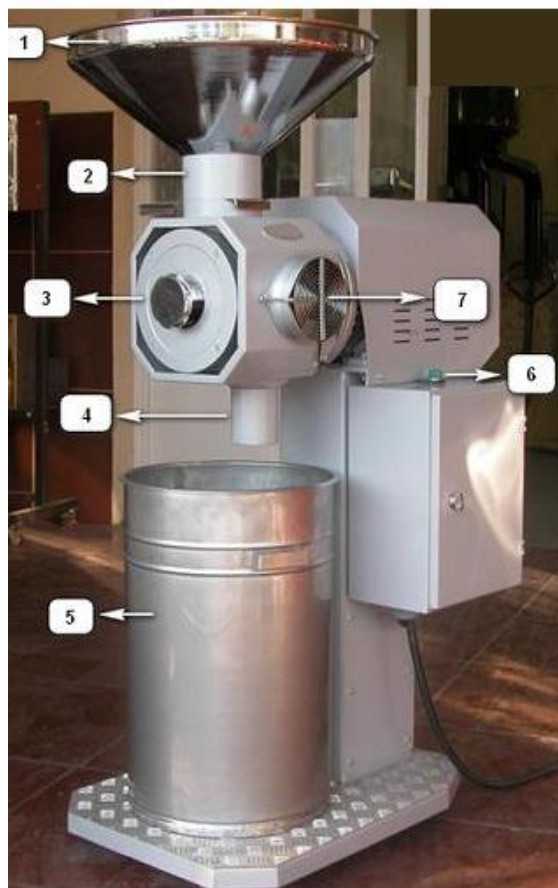


Рисунок 1.3 – Промисловий кавовий млин

На рис. 1.3 позначено: 1 – завантажувальний бункер, 2 – завантажувальний клапан, 3 – регулюючий механізм, що дозволяє встановити необхідну товщину кави, 4 – канал для виходу меленої кави, 5 – чаша для перенесення кави, 6 – кнопка живлення: включити/виключити, 7 – охолоджуючий вентилятор. Використовується для охолодження «сорочки».

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

В завантажений екстрактор знизу подають підігріту у водопідігрівачі до 90°C воду. Подачу води здійснюють зі швидкістю 200-300 л/год до тих пір, поки рідина не з'явиться з пробного краника, який розташований у верхній частині екстрактора.

Воду на вході в екстрактор доводять до температури 110°, піднімаючи тиск до 3 кг/см². Під таким тиском воду продовжують подавати в перший екстрактор, збільшуючи швидкість подачі до 550-600 л/год, вода витісняє екстракт кави.

Екстракт кави, що виходить з першого екстрактора, нагрівають у першому проміжному теплообміннику до температури 90°C і подають (видавлюють свіжою водою) у другий екстрактор. Рідина, проходячи знизу вгору через шар кави, екстрагує з нього водорозчинні речовини.

Таким чином, рідина проходить послідовно через усі шість екстракційних апаратів, насичуючись екстрактивними речовинами кави. В останньому екстракторі температура рідини доходить до 170°C і тиск в апараті піднімається до 12 кг/см².

Повний цикл екстракції триває 7-8 год. У кожний екстрактор закладають по 165 кг гранульованої кави. Під час екстракції підвищення температури води та екстракту до точки кипіння неприпустимо. Якщо є необхідність підняття температури, попередньо відповідно підвищують тиск в екстракторі до величини, що забезпечує відсутність закипання.

У батареї завжди знаходяться завантажені п'ять екстракторів, а шостий стоїть під розвантаженням-завантаженням. При розвантаженні та завантаженні черговий екстрактор та проміжний підігрівач ізолюють від решти, перекриваючи відповідні крани. Вивантаження шламу із екстрактора проводиться за допомогою пари. Від кожного екстрактора відбирають по 180-200 кг екстракту. Перед заповненням екстрактор та трубопроводи промивають водою. При роботі на встановленій установці відбір екстракту можна починати з четвертого екстрактора. На момент відбору екстракту з шостого екстрактора в першому закінчується процес екстракції і він стає під розвантаження-вивантаження. Екстракт відбирають із батареї з вмістом 27-28% сухих речовин. Контроль за проведенням технологічного процесу на екстракційній батареї та керування здійснюється автоматичними приладами.

Концентрований екстракт переробляють за допомогою однієї із двох технологій: «спрей драй» або «фриз драй». Під час «спрей драй» екстракт розпорошують гарячим повітрям, яке «схоплює» крапельки кави, після чого вони перетворюються на порошок. Це стара технологія, зараз нею користуються вже зрідка. Більшість виробників працюють за технологією «фриз драй» – заморозка: екстракт подають у сублиматори, розпорошують і заморожують.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Сублімаційне сушіння у кавовій промисловості

Сублімаційне сушіння – це процес, що використовується в харчовій промисловості для видалення води з харчових продуктів з метою збільшення терміну їх зберігання. Процес складається з різних етапів: спочатку температура продукту знижується, як правило, приблизно до -40°C , що призводить до замерзання вільної води. Пізніше тиск в устаткуванні знижується і відбувається сублімація замерзлої води (первинне сушіння). Далі, зв'язана вода видалається з продукту, зазвичай підвищуючи температуру продукту і ще більше знижуючи тиск в устаткуванні, тим самим досягаючи цільового значення залишкової вологи (вторинна сушка).

При обробці харчових продуктів дуже низькі робочі температури і м'які умови сушіння процесу сушіння сублімації дозволяють уникнути погіршення аромату і кольору, а також деградації поживних речовин, що робить цей процес особливо придатним для отримання високоякісних продуктів.

Зростання попиту на сублімовані продукти привело до постійно зростаючого попиту на більш ефективні засоби виконання всіх операцій, необхідних для отримання сублімованого продукту. Критичним етапом процесу є фактичне заморожування продукту, що підлягає сушінню. Зазвичай визнається, що швидке заморожування сприятиме зростанню великої кількості добре впорядкованих кристалів дендритного льоду невеликого розміру і, що повільне заморожування призведе до утворення меншої кількості кристалів льоду більшого розміру. Таким чином, при зневодненні твердої їжі клітинна структура може бути змінена шляхом зміни швидкості заморожування. Оскільки рідкі харчові матеріали, такі як екстракт кави, не мають клітинної структури твердої їжі, було вдосконалено різні методи, що сприяють утворенню великих кристалів під час заморожування екстракту. Велика кристалічна структура льоду при сублімації дозволяє продукту бути темнішим і схожим на каву, ніж продукт, заснований на менших кристалічних структурах льоду.

Сублімаційне сушіння є ключовим етапом у виробництві розчинної кави. Кавові зерна спочатку обсмажують та подрібнюють, потім розчиняють у гарячій воді. Таким чином, смак, аромат і колір кави отримують з кавової гущі і виходить висококонцентрований розчин (зазвичай, кавовий розчин становить близько 15-30% кави по масі наприкінці цього процесу екстракції).

Після фільтрації кавовий екстракт сушать, щоб отримати тверду розчинну каву її заморожують приблизно до -40°C , щоб сформувати тонкий шар, який потім розбивається на крихітні шматочки. Ці гранули потім завантажуються в сублімаційну сушарку: для сушіння сублімації замороженого продукту використовуються як періодичні, так і безперервні установки. Періодичний процес використовується для невеликих потужностей (зазвичай від 50 до 7000 кг порошку на день), у той час як безперервний процес використовується для великих потужностей (зазвичай у діапазоні від 7000 до 25000 кг порошку на день).

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3. Заморожування кавового екстракту

Проблема з кавою полягає в тому, що після того, як вона була обсмажена, вона починає старіти (втрачати свій смак) і день за днем починає мати інший смак. Ще через кілька днів або тижнів вона починає мати гіркі аромати, оскільки олії в каві починають черствіти. В оптимальних обставинах кава заварюється через 3-14 днів після обсмажування але це не завжди реально. Таким чином, знадобиться спосіб зберігання кави протягом тривалих періодів часу. Найкращий спосіб зберігати каву протягом більш тривалих періодів часу – це заморозити її. Заморожування блокує ароматизатори для кавових зерен і це збереже каву в тому ж стані, що і через кілька днів після обсмажування.

Заморожування екстракту кави при підготовці до сублимаційної сушки, зазвичай, проводиться на безперервному поясі із покриттям з нержавіючої сталі. Рідкий спінений екстракт зазвичай подається на один кінець стрічки за допомогою труби або розподільника. Заморожування або відведення тепла здійснюється шляхом проведення через стрічку, наприклад, шляхом постійного обприскування нижньої сторони замерзаючої поверхні стрічки розсоллом.

Перемішування або вібрація екстракту може бути використана для запобігання переохолодженню та спонтанного зародження, а також для того, щоб зробити відведення тепла з екстракту більш рівномірним. Найчастіше використовується статичне заморожування, при якому не використовується явне перемішування екстракту, а рідкий матеріал повільно заморожується при контакті з поверхнею охолоджуваної стрічки. Ще один метод полягає у засипанні екстракту раніше сформованими кристалами льоду. Однак, цим методам притаманні недоліки чи обмеження. Зокрема, перемішування можливе лише на ранніх стадіях охолодження, коли екстракт ще рідкий. Аналогічним чином методи посіву можуть бути виконані тільки тоді, коли екстракт все ще знаходиться в рідкому стані.

Коли всі етапи заморожування завершено, екстракт кави має вигляд замороженої плити. Оскільки готовий продукт має гранульовану форму, екстракт повинен бути підрозділений до або після сублимаційного сушіння. Розподіл екстракту зазвичай проводиться до сублимаційного сушіння. Як правило, заморожена плита подається в млин із серією лопатей, що обертаються. На нагнітальній стороні млина знаходиться екран, розмір отвору якого дозволяє проходити тільки тоді, коли вони досить зменшені в розмірах лопатями, що обертаються. Негабаритні частинки ефективно обмежені самим екраном, оскільки вони не проходять через отвір вибраного розміру екрана. На жаль, частинки недостатнього розміру, у тому числі дуже дрібний матеріал, що утворюється у процесі фрезерування, легко проходять через екран. Для видалення цих низькорослих частинок продукту потрібні додаткові етапи обробки.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Докладніше розглянемо ділянку заморожування кавового екстракту. Після екстракції кавовий екстракт зливається в контейнери для зберігання де до нього додається арома. Далі ця суміш із температурою 15°C проходить пречілінг.

У кавовий екстракт додають пил, який утворився після дроблення кави, отримана суміш прямує у вотатори. Вотатор являє собою великий кожухотрубний теплообмінник із шнеком всередині. Зовнішній шар вотатора наповнений рідким CO₂, внутрішній – кавовим екстрактом. В результаті на виході отримується кавовий екстракт із утворенням кристалів льоду, температурою –5°C

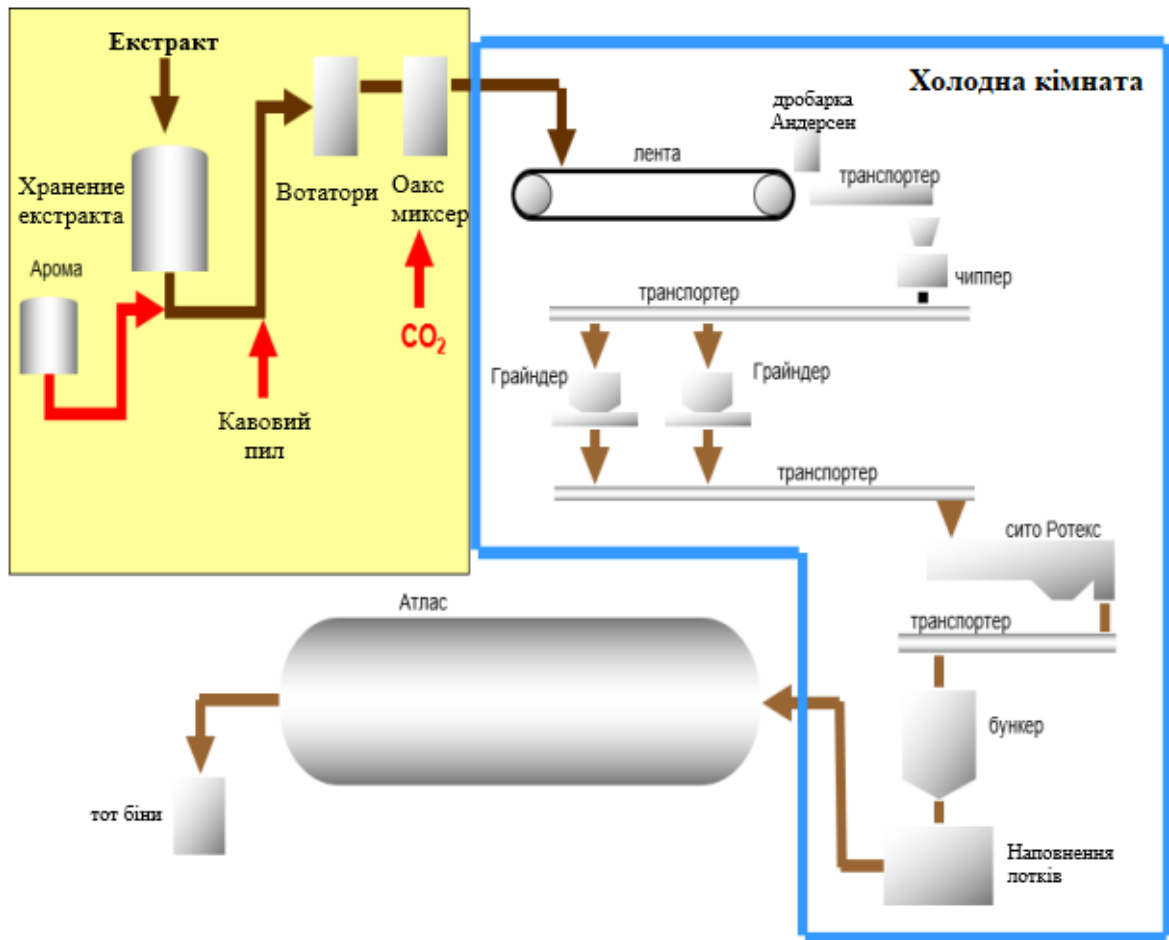


Рисунок 1.4 – Заморожування кавового екстракту

«Крижана точка» – це температура при якій вода в екстракті починає кристалізуватися у водяний лід. «Евтектична точка» – температура при якій питома суміш твердих речовин кави твердне летючими ароматичними речовинами і водою, що має найнижчу температуру плавлення серед інших сумішей в екстракті. Ця температура є мінімально можливою температурою плавлення будь-якого матеріалу, що міститься в екстракті. Температура продукту означає температуру висушеного кавового екстракту.

Сублімаційне сушіння відноситься до процесу сушіння, за допомогою якого вода видаляється безпосередньо з твердого стану в паровий стан без проходження через рідкий проміжний стан (сублімація). Цей процес також включає ту частину процесу сушіння в якій всі кристали водяного льоду були сублімовані, а евтектична суміш ароматичних твердих речовин кави та води висушується до стабільного вмісту вологи. У цій частині процесу сушіння сублімації можливо, бо деяке випаровування води з рідкого стану може відбуватися без помітного плавлення замороженого екстракту. Однак, навіть на цьому етапі сушіння температура продукту повинна підтримуватися нижче евтектичної точки висушеного матеріалу, щоб уникнути плавлення будь-якої частини замороженого екстракту.

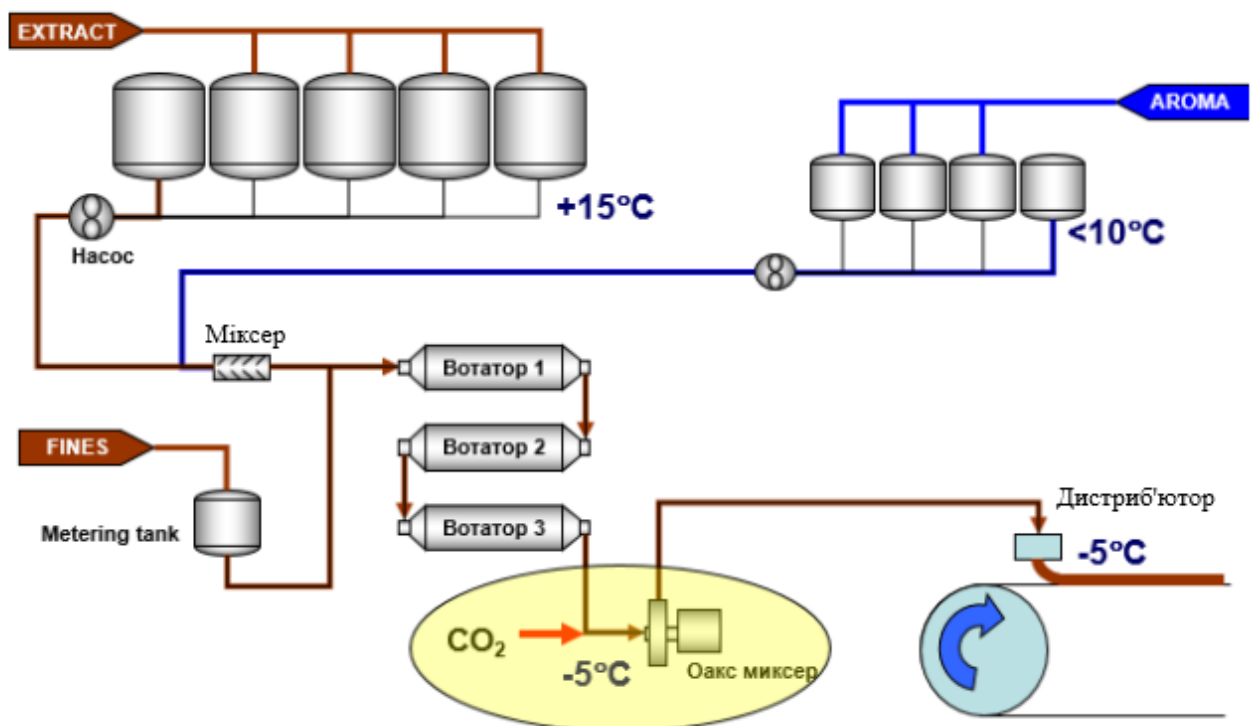


Рисунок 1.5 – Технологія заморожування кавового екстракту

Далі екстракт прямує в механічний міксер, розташований між вотаторами, призначений для змішування CO_2 з охолодженим екстрактом, де треба контролювати щільність готового продукту.

Більше CO_2 => нижче щільність

Менше CO_2 => вище щільність

Далі отримана суміш через дистриб'ютор рівномірним шаром розподіляється на металевий конвеєр, довжина якого 30 метрів та прямує до «холодної кімнати».

У середині «холодної кімнати» циркулює повітря з температурою -52°C .

У кавовому екстракті під впливом такої низької температури відбувається формування кристалів льоду, а саме:

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1. Зниження температури призводить до утворення кристалів льоду.
2. Кристали збільшуються у розмірах.
3. Замерзання води в екстракті.
4. Повне замерзання екстракту.

Великі кристали поєднують пори, що утворені CO₂.

Наприкінці «холодної кімнати» повністю замерзлий кавовий субстрат дроблять на дрібні шматочки, сортують через безліч вібротранспортерів. Частинки потрібного розміру направляють у пристрої сублімаційного сушіння, а кавовий пил, що вийшов у результаті дроблення, направляють назад на пречілінг.

Під час сублімації волога залишає частки кави через канали, які утворені кристалами льоду, за рахунок цього кава отримує свою пористу структуру. Якщо кристали надто маленькі то пари води не мають вільного виходу назовні. Створюється великий внутрішній тиск усередині частинки і відбувається ефект попкорну.

Швидкість заморожування кавового екстракту є основним чинником кольору кінцевого продукту. Висока швидкість заморожування дає продукт який має світло-коричневий чи коричневий колір. У міру уповільнення швидкості замерзання виходить темніший, більш бажаний продукт. Колір кінцевого продукту, а саме кави, може контролюватись шляхом коригування швидкості заморожування екстракту. Найбільш важливою частиною стадії заморожування є початковий період, у якому ініціюється правильне зростання кристалів льоду. Способи заморожування кавового екстракту, що використовуються у відомому рівні техніки, не дозволяють практично підтримувати весь екстракт при критичній температурі протягом певного періоду часу. Зазвичай шар кавового екстракту товщиною від 1/4 до 1 дюйма на поверхні, що замерзає, матиме безліч температурних зон по всій грядці. Додатковий час затримки необхідний для того, щоб практично весь екстракт врівноважувався при певній температурі з використанням способів, розкритих у відомому рівні техніки.

1.4. Способи заморожування кавового екстракту

Переважно екстракт тримають при температурі близько 32 градусів. Потім екстракт вводять в рідкий холодоагент, що не змішується. Температура холодоагенту підтримується таким чином, що температура продукту утримується на рівні приблизно від 24 градусів протягом щонайменше 4 хвилин і переважно більше 8 хвилин. Це робиться для того, щоб дозволити зростання великих кристалів льоду. При відповідному регулюванні параметрів перекачування невеликі краплі екстракту можуть утворюватися в холодоагенті такими способами, як перекачування екстракту через невеликий, скажімо, менше ніж 1/4 дюйма внутрішнього діаметра, отвір труби в холодоагент.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Інший спосіб полягає в перекачуванні суміші екстракт/холодоагент через трубчастий теплообмінник. Іншим методом контролю температури є проходження екстракту/холодоагенту через зони поступово нижчого тиску, внаслідок чого холодоагент випаровується, а температура падає до бажаного рівня. Холодоагент, що випарувався, буде відновлений. Продукт, що має нижчу щільність, рухатиметься вгору стикаючись з перегородками, щоб обмежити швидкість у зонах нижчого тиску, нижчий через статичний напір. Компресор буде підключений до верхньої частини колони для підтримки кінцевого тиску температури на рівні бажаному для продукту.

Таким чином, у колоні холодоагенту встановлюється температурний градієнт через різницю тисків між верхньою і нижньою частиною колони. У будь-якому з вищезгаданих методів заморожування, як тільки продукт залишається при критичній температурі для зростання кристалів льоду протягом достатньої кількості часу, він може бути знижений до температури нижче евтектичної точки кавового екстракту, яка становить близько – 13,5 градусів за Фаренгейтом.

Заморожений продукт тепер існує у рідкому холодоагенті у вигляді заморожених гранул. Гранули можуть бути відносно однорідними за розміром. Перевагою цього методу є те, що продукт може бути виготовлений без присутності низькогабаритних частинок. Таким чином, виключаються додаткові етапи та витрати на видалення дрібних частинок, що утворюються в результаті звичайних процесів. Потім продукт відокремлюється від холодоагенту відповідними засобами, такими як просіювання.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2 МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЕКСТРАКТУ КАВИ

2.1 Планування охолоджувальних приміщень

Визначаємо розміри камери:

$$F_{СТР} = l_k \cdot b_k = 360 \text{ м}^2$$

$$l_{к1} = \frac{F_{СТР}}{b_k} = \frac{360}{12} = 30, \text{ м}$$

де l_k – довжина камери, м;

b_k – ширина камери, м.

Ширина камери приймається кратною 6 м, тобто може бути 6, 12, 18 метрів.

Термін служби холодильників визначається у тому числі і якістю ізоляції. Правильно вибраний ізоляційний матеріал та добре виконана ізоляція зберігають свої якості протягом тривалого періоду.

Теплоізоляція конструкцій будівель охолоджуваних приміщень повинна прийматися за розрахунком, виходячи з коефіцієнтів теплопередачі. Необхідні значення коефіцієнтів теплопередачі для різних охолоджень встановлені за умови недопущення конденсації вологи на поверхні огорожі всередині камери.

Конструкція стіни холодильної камери показана на рис. 2.1.

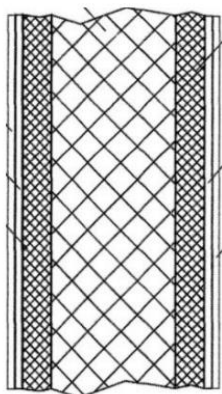


Рисунок 2.1 – Конструкція теплоізолюваної стіни

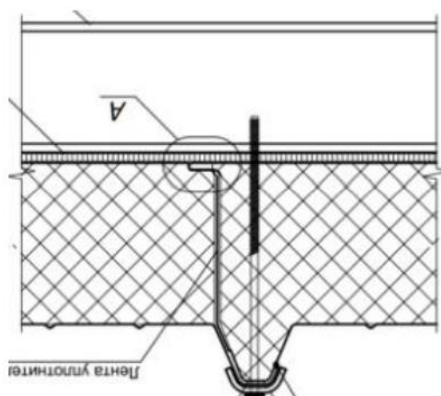


Рисунок 2.2 – Конструкція даху

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>						23	50
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

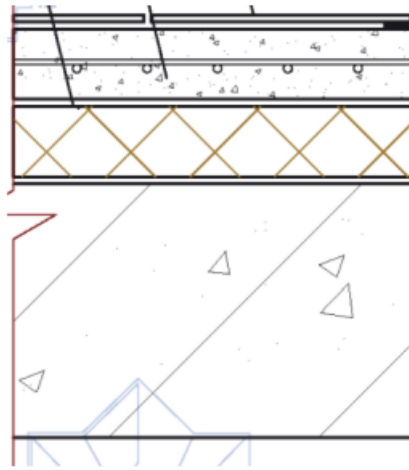
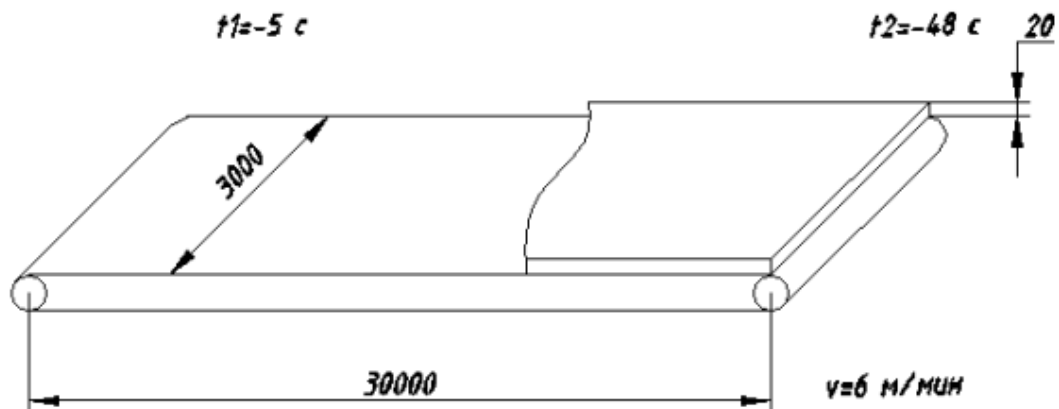


Рисунок 2.3 – Конструкція підлоги холодильних камер

2.2 Теплотехнічний розрахунок камери

2.2.1 Продуктивність конвеєра



$$G_{\text{кр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}} / t_{\text{пр}}$$

$$G_{\text{кр}} = \frac{1.8 \cdot 800}{300} = 4.8 \text{ кг/с}$$

$$V_{\text{пр}} = b \cdot h \cdot L = 3 \cdot 0.02 \cdot 30 = 1.8 \text{ м}^3$$

де $G_{\text{кр}}$ – продуктивність конвеєра, кг/с;

$V_{\text{пр}}$ – обсяг продукту, м³;

$\rho_{\text{пр}}$ – щільність продукту кг/м³

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2.2 Теплоприплив від продукту

На холодильних установках виробляються такі види термічної обробки продуктів, які супроводжуються відведенням тепла від оброблюваних продуктів: охолодження, заморожування та доморожування.

Охолодження тіл завжди супроводжує зниження їх температури, яке для тіл, що не містять рідкої фази може бути здійснено до бажаної низької температури, що визначається потребами технологічного процесу для тіл, що містять рідку фазу, охолодження переходить у заморожування при досягненні температури початку фазового перетворення рідини у твердий стан. Процес заморожування може відбуватися лише у тіл, що містять рідку фазу (як це має місце у харчових продуктах, у вологому ґрунті тощо), оскільки основним змістом цього процесу є перетворення рідкої фази у твердий стан. Процес доморожування полягає в збільшенні кількості замороженої вологи в продукті.

Кількість тепла, що відводиться в одиницю часу, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})$$

де $G_{\text{кр}}$ – продуктивність конвеєра, кг / с;

$C_{\text{пр}}$ – теплоємність продукту, Дж/(кгК);

$t_{\text{вх}}$ – температура продукту на вході °С;

$t_{\text{вих}}$ – температура продукту на виході °С.

$$Q_{\text{пр}} = 4.8 \cdot 2600(-5 - (-48)) = 536640 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пр}} = 536.6 \text{ кВт}$$

2.2.3 Теплоприплив від огорожі

Тепло від навколишнього середовища проникає всередину охолоджуваних приміщень внаслідок дії процесу теплопередачі через огороження внаслідок наявності різниці температур зовнішнього середовища та повітря всередині приміщення. Теплопритоки розраховують для всіх огорож камери: зовнішніх і внутрішніх стін, підлоги та покриттів:

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{вн}})$$

де $K_{\text{ст}}$ – теплопровідність матеріалу, Вт/м³К;

$F_{\text{ст}}$ – площа огорожі м²;

$t_{\text{н}}$ – температура зовнішня °С;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутрішня °С.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$K_{\text{СТ}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9}\right) + \left(\frac{0.03}{0.028}\right) + \left(\frac{1}{6}\right)} = 0.74 \text{ Вт/м}^3\text{К}$$

$$F_{\text{СТ}} = (L_{\text{СТ}} + B_{\text{СТ}}) \cdot 2 \cdot h_{\text{СТ}} + (L_{\text{СТ}} \cdot B_{\text{СТ}}) \cdot 1$$

$$F_{\text{СТ}} = (30 + 6) \cdot 2 \cdot 5 + (30 \cdot 6) = 540 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{СТ}} = 0.74 \cdot 540 \cdot (20 - (-52)) = 28,7 \text{ кВт}$$

2.2.4 Експлуатаційні теплопритоки

Окрім перерахованих основних теплопритоків зустрічаються й інші теплопритоки, зокрема, експлуатаційні, які пов'язані з обслуговуванням охолоджуваних приміщень, з роботою вентиляторів, з освітленням, виробництвом вантажно-розвантажувальних робіт тощо.

У разі доводиться розглядати можливі джерела теплопритоків. В даному випадку експлуатаційні теплопритоки мають нестабільне значення, так як камера в основному працює без зовнішніх втручань зі сторони персоналу. Але, все ж таки іноді, робітники надягають спеціальні костюми з низькою теплопровідністю та проводять необхідні для ремонту обладнання процедури.

Виходячи з багаторічної статистики приймемо експлуатаційні теплопритоки рівними 5 кВт.

2.2.5 Загальні теплопритоки

Сумарні теплопритоки в холодильній камері, Вт.

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{СТ}} + Q_{\text{экс.}}$$

де $Q_{\text{СТ}}$ – теплопритоки через будівельні огороження камери, Вт;

$Q_{\text{пр}}$ – теплопритоки від продукту, Вт;

$Q_{\text{экс}}$ – експлуатаційні теплопритоки, Вт.

$$Q_{\text{общ}} = 536.6 + 28.7 + 5$$

$$Q_{\text{общ}} = 570 \text{ кВт}$$

2.2.6 Об'єм повітря, що циркулює через АХУ

$$Q_{\text{аху}} = \rho_{\text{воз}} \cdot V_{\text{воз}} \cdot C_{\text{воз}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})$$

$$V_{\text{воз}} = Q_{\text{общ}} / \rho_{\text{воз}} C_{\text{воз}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})$$

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$V_{\text{воз}} = \frac{570}{1.26 \cdot 1.05 \cdot 4} = 110 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Sigma V_{\text{воз}} = 110 \cdot 3600 = 396000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

де $Q_{\text{заг}}$ – сумарні теплопритоки в холодильній камері, Вт;

$V_{\text{віз}}$ – об'єм повітря, що циркулює через повітроохолоджувач, Вт;

$C_{\text{віз}}$ – питома теплоємність повітря, кДж/(кгК);

$\rho_{\text{віз}}$ – щільність повітря, кг/м³.

2.2.7 Кількість АХУ

$$N_{\text{АХУ}} = \frac{396000}{72000} = 5.5$$

Приймаємо кількість АХУ рівним шести:

$$Q_{0 \text{ аху}} = \left(\frac{72000}{3600}\right) \cdot 1.26 \cdot 1.05 \cdot 4 = 105 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{\text{аху}} = 105 \cdot 6 = 630 \text{ кВт}$$

Кількість електродвигунів:

$$N_{\text{двиг}} = N_{\text{АХУ}} \cdot 2 = 12$$

Кожен двигун має потужність 2 кВт

Відповідно сумарна потужність двигунів АХУ:

$$\Sigma N_{\text{дв}} = 24 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{экс}} + N_{\text{дв}}$$

$$Q_{\text{общ}} = 570 + 28.7 + 5 + 24$$

$$Q_{\text{общ}} = 627.7 \text{ кВт.}$$

запас на непередбачені теплопритоки 2,3 кВт

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.2.8 Визначення навантаження на обладнання

Навантаження на камерне обладнання визначаємо як суму всіх теплопритоків

$$\sum Q = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{екс}} + N_{\text{дв}} = 630 \text{ кВт.}$$

Навантаження на компресор Q_0 , Вт, визначаємо за формулою:

$$Q_0 = \frac{\sum Q}{\varphi}$$

де φ – коефіцієнт витоку холоду

$$Q_0 = \frac{630}{0,9} = 700 \text{ кВт}$$

2.3 Підбір холодильного обладнання

2.3.1 Принципова схема аміачної холодильної установки

Технологічний процес отримання холоду ґрунтується на здатності холодильного агента кипіти при заданій температурі шляхом підтримання тиску. Віднімаючи теплоту від охолоджуваного середовища у випарній системі рідкий холодильний агент кипить, пар відсмоктується компресором і стискається в ньому до тиску, що забезпечує конденсацію пари за рахунок відведення теплоти охолодженою водою (аміачна система) або киплячим аміаком (вуглекислотна система).

Конденсація пари аміаку відбувається у випарних-конденсаторах, з яких дроселюючи, рідкий аміак надходить у випарну систему. Віднімаючи теплоту від охолоджуваного середовища у випарній системі рідкий аміак кипить.

Конденсація пари двоокису відбувається у випарниках-конденсаторах, з яких дроселюючи, рідкий двоокис вуглецю надходить у циркуляційні ресивери, а потім насосами подається у випарну систему. Віднімаючи теплоту від охолоджуваного середовища у випарній системі рідкий двоокис вуглецю кипить. Пара, що утворилася, відсмоктується компресором і стискається в ньому до тиску, що забезпечує конденсацію пари за рахунок відведення тепла.

Холодильна установка складається з компресорних агрегатів, теплообмінного, ємнісного та насосного обладнання та працює в замкненому циклі.

Принципова схема аміачної холодильної установки у виробництві кави.

Короткий опис роботи холодильної установки наведено нижче.

Каскадна установка. Верхня гілка каскаду (холодоагент аміак R717), працює на $T_0 = \text{мінус } 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Нижня гілка каскаду (холодоагент двоокис вуглецю R744), $T_0 = \text{мінус } 49 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{мінус } 52 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{мінус } 17 \text{ }^\circ\text{C}$. Крім того в даній системі відбувається приготування холодоносія з температурами $4/10^\circ\text{C}$.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Цикл верхньої гілки каскаду (холодильний агент R717). Агрегати компресорні гвинтові стискають пару аміаку до тиску нагнітання не більше 1,5 МПа та з температурою не більше 90°C. Стиснута пара, пройшовши масловідділювач, надходить у випарні конденсатори, де аміак конденсується за рахунок охолодження його пари оборотною водою і через дроселюючий пристрій зливається в економайзер, де автоматично підтримується проміжний тиск. Економайзер служить для підвищення продуктивності холодильної установки за допомогою переохолодження основного потоку рідкого аміаку аміаком, що кипить при проміжному тиску, пари якого відсмоктуються компресорами проміжного підсмоктування і всмоктуються компресорами через регулятор підтримання тиску.

З економайзера одна частина рідкого аміаку прямує на підживлення живильників з функцією віддільників рідини. З живильників рідкий аміак надходить у пластинчасті випарники-конденсатори, де відводить тепло від конденсуючого холодильного агента R744 (CO₂). У випарниках-конденсаторах рідкий аміак кипить за нормальної температури мінус 20 °С.

Парорідинна суміш, що утворилася при цьому, надходить у живильники з функцією відділення рідини, де внаслідок падіння швидкості відбувається поділ парової та рідинної фракцій. Рідкий аміак повертається у випарники-конденсатори, а газоподібний відсмоктується компресорами.

Інша частина рідкого аміаку прямує на підживлення живильників з функцією відокремлювачів рідини. З живильників рідкий аміак надходить у пластинчасті випарники, де кипить при температурі 0,5 °С, відводячи тепло від холодоносія (води), охолоджуючи її з 10 до 4 °С. При цьому парорідинна суміш, що утворилася, надходить у живильники з функцією відділення рідини, де в результаті падіння швидкості відбувається поділ парової та рідинних фракцій. Рідкий аміак повертається у пластинчасті випарники, а газоподібний відсмоктується компресорами. Цикл повторюється.

Задана температура кипіння аміаку у випарниках-конденсаторах підтримується автоматично.

Цикл нижньої гілки каскаду (холодильний агент R744).

Рідкий двоокис вуглецю (R744) з випарників-конденсаторів надходить при температурі мінус 17°C в лінійний ресивер. З лінійного ресивера рідкий двоокис вуглецю надходить через дросельний вентиль у ресивери циркуляційні:

- за температури кипіння мінус 52 °С;
- за температури кипіння мінус 49 °С.

Частина рідкого двоокису вуглецю забирається з лінійного ресивера насосами і прямує на попередні охолоджувачі, де кипить при температурі мінус 17 °С. Пар, що утворився при цьому, повертається в лінійний ресивер.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

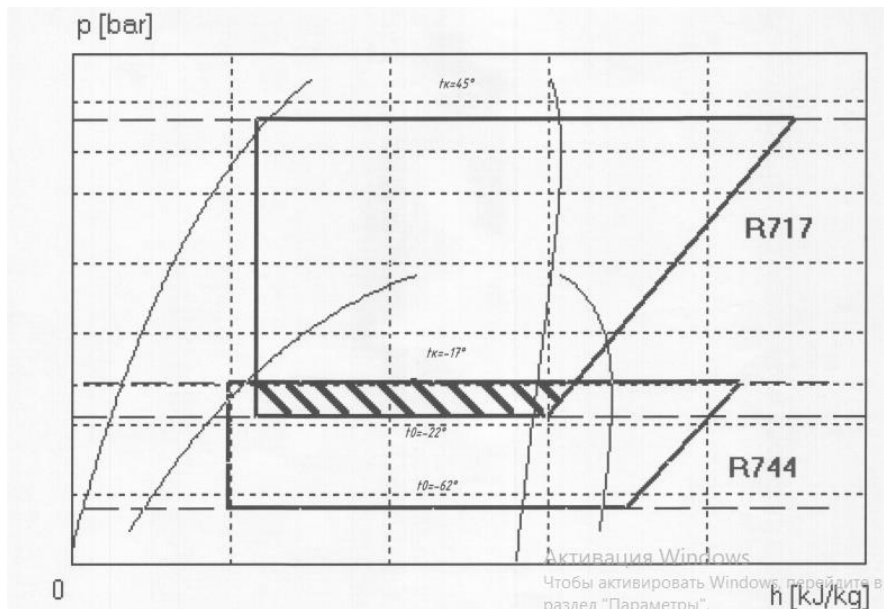


Рисунок 2.1 – Цикл роботи холодильної машини

З циркуляційного ресивера рідкий двоокис вуглецю насосами прямує в повітроохолоджувачі. З циркуляційних ресиверів рідкий двоокис вуглецю насосами прямує в сублимаційні сушарки. Там він кипить при встановленій температурі відбираючи тепло від продуктів, що охолоджуються.

Пара, що утворилася при цьому, надходить у циркуляційні ресивери, а потім у всмоктуючий колектор компресорних агрегатів. З колектора компресори забирають пару та стискають її до тиску конденсації. Далі стиснений охолоджений пар надходить для додаткової відчистки від масла в фільтри тонкого очищення. Після фільтрів пара надходить у випарники-конденсатори, де конденсується, віддаючи тепло киплячому аміаку.

Сконденсовані пари двоокису вуглецю надходять у лінійний ресивер та цикл повторюється. Система, що працює на температуру кипіння $0,5^{\circ}\text{C}$. Для приготування води з температурою $+4^{\circ}\text{C}$, що йде на технологічні потреби підприємства, служить автономна холодильна установка з дозованою заправкою холодоагенту – аміаку.

Компресорний агрегат стискає пари аміаку до тиску нагнітання не більше 1,5 МПа та з температурою не більше 90°C . Стиснута пара, пройшовши масловідділювач, надходить у пластинчастий конденсатор, де аміак конденсується за рахунок охолодження його парів оборотною водою. Потім рідкий аміак через пристрій, що дроселує, надходить в живильник з функцією відокремлювача рідини і, далі, пластинчастий випарник, де відбираючи тепло у води, аміак кипить за нормальної температури $0,5^{\circ}\text{C}$.

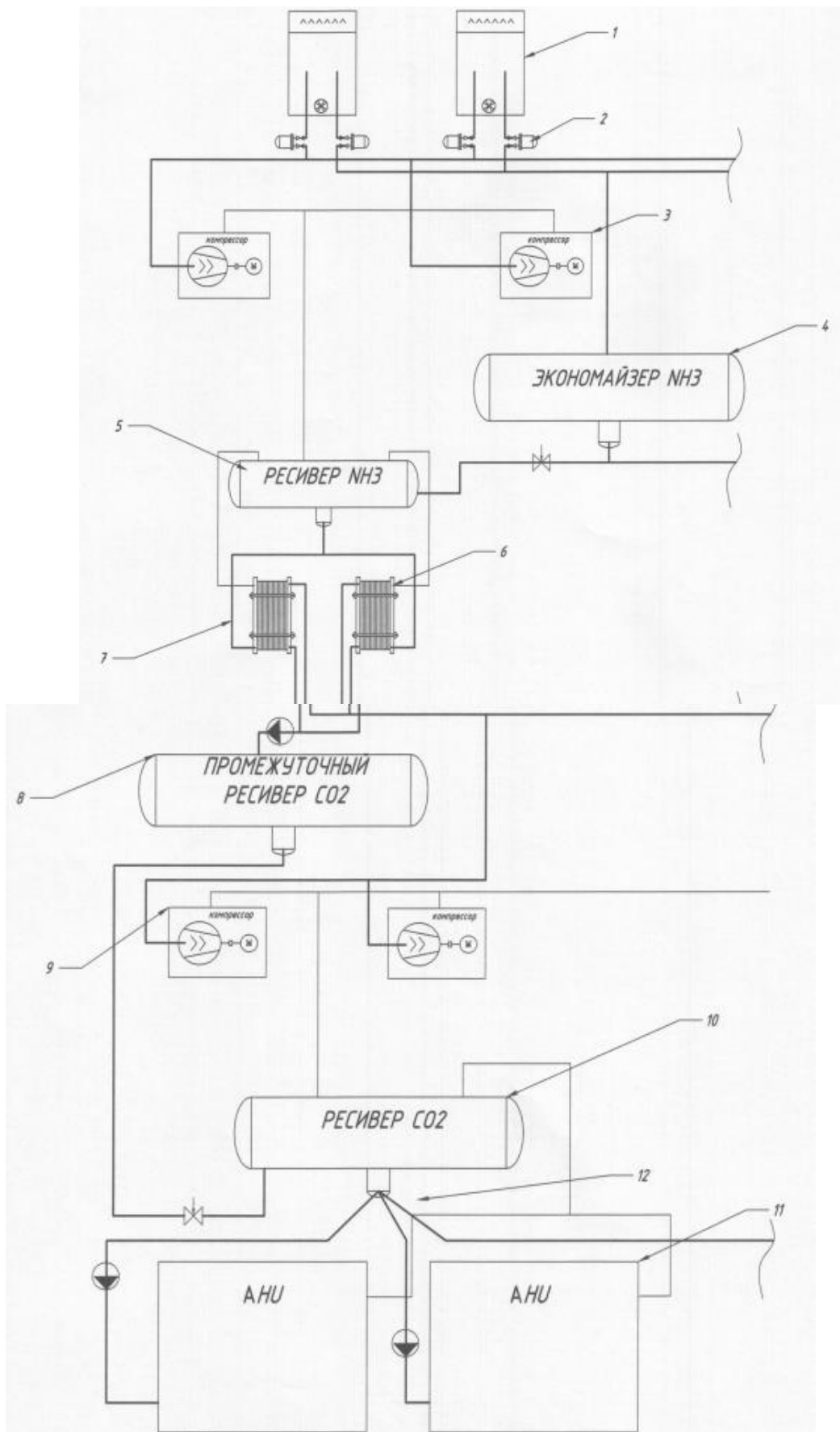


Рисунок 2.2 – Технологічна схема холодильної машини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ

Арк.

25

На рис. 2.2 позначено: 1 – випаровувач, 2 -поплавковий клапан, 3 – компресор, 4 – економайзер, 5 – живильний ресивер, 6 – випарний конденсатор, 7 – дросельний клапан, 8 - проміжний ресивер CO₂, 9 – компресор CO₂, 10 – повітроохолоджувач, 11 – насос циркуляційний.

2.3.2 Розрахунок компресора

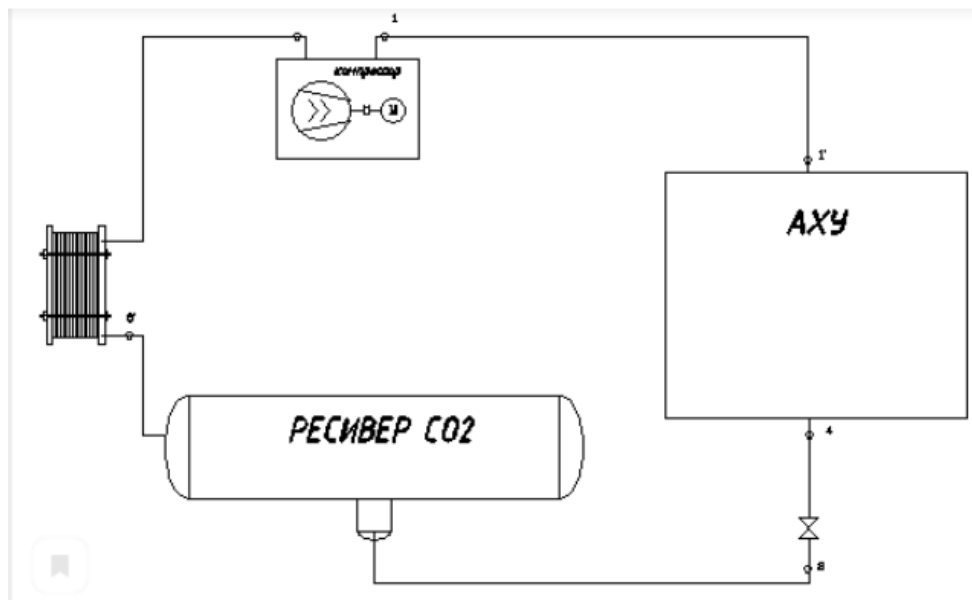


Рисунок 2.3 – Схема холодильної машини

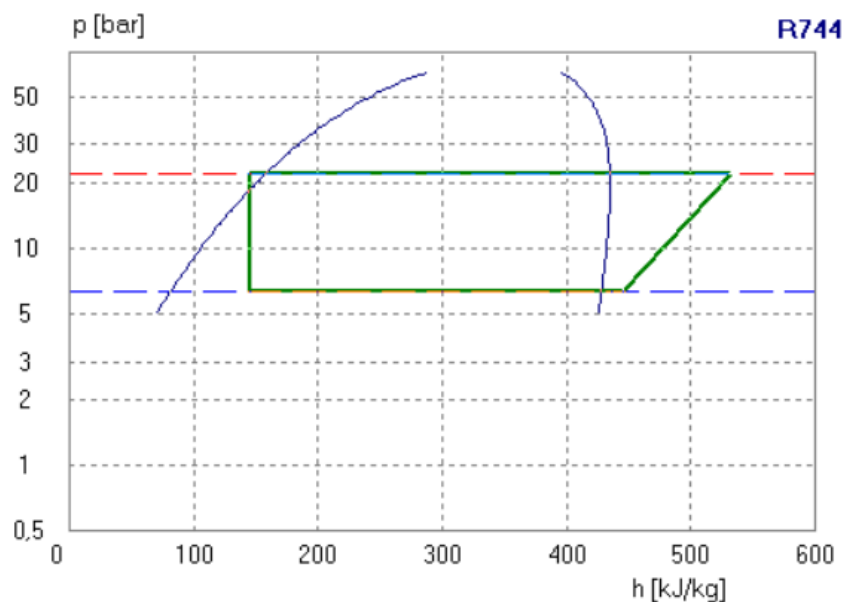


Рисунок 2.4 – Цикл холодильної машини

Таблиця 2.1 – Параметри характерних точок циклу холодильної машини

Параметри точок циклу	t, °C	P, МПа	i, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	v, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$
1	-42	6,35	436	0,063
1'	-32	6,35	445	0,067
2	80	21,84	532	0,028
3	-22	21,84	145	0,0009
4	-62	6,35	145	0,012

Діаметр гвинта проєктованого компресора:

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{V_h}{K_H K_I K_f z n}}$$

де K_i – коефіцієнт використання обсягу парної порожнини; $K_i = W_{II}/W_0$;

$W_0 = l_b (f_{1II} + f_{2II})$ – повний об'єм парної порожнини;

l_b – довжина гвинта;

f_{1II} та f_{2II} – площі западин між зуб'ями в торцевій площині відповідно ведучого та веденого гвинтів;

W_{II} – об'єм парної порожнини в момент початку зменшення її обсягу біля торця всмоктування (корисний об'єм парної порожнини);

$K_I = l_b/D_1$ – відносна довжина гвинта;

$K_f = (f_{1II} + f_{2II})/D_1$ – безрозмірний коефіцієнт площі парних западин;

z_1, n_1 – число зуб'ів та частота обертання провідного гвинта, для типорозмірного ряду гвинтів із асиметричним профілем зуб'ів $z_1 = 4$, величина коефіцієнта $K_f = 0,1191$.

$K_i = f [1z - 1_{пр}]$ кут закрутки ведучого гвинта $1z = 2 K_I/K_H$; $K_H = h_1/D_1$ відносний хід провідного гвинта;

h_1 – хід провідного гвинта;

$1_{пр} = 223,70$ граничний кут закрутки провідного гвинта.

Для типорозмірного ряду гвинтів із асиметричним профілем величини $K_H = 1,2$ для гвинтів із $K_I = 0,9; 1,0$ і $K_H = 1,6$ для гвинтів з $K_I = 1,35$ та $1,5$. Значення K_i визначається за такою формулою: $K_i = 1 - C (1_{30} - 1_{пр 0}) 10^{-4}$. Значення коефіцієнта приймається залежно від величини K_I .

Приймаємо величину $K_1 = 1,35$ тоді: $1_{30} = 3600 \cdot 1,35 / 1,6 = 303,750$; $1_{пр0} = 223,70$; $K_i = 1 - 5,3 (303,75 - 223,7) \cdot 10^{-4} = 0,96$ і значення зовнішніх діаметрів гвинтів дорівнює:

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{0,17}{0,96 \cdot 1,35 \cdot 0,1191 \cdot 4 \cdot 49}} = 0,177 \approx 0,180 \text{ м}$$

Виходячи з отриманих даних підбираємо гвинтовий компресор МУСОМ серії SCV модель 320 холодопродуктивністю 760 кВт

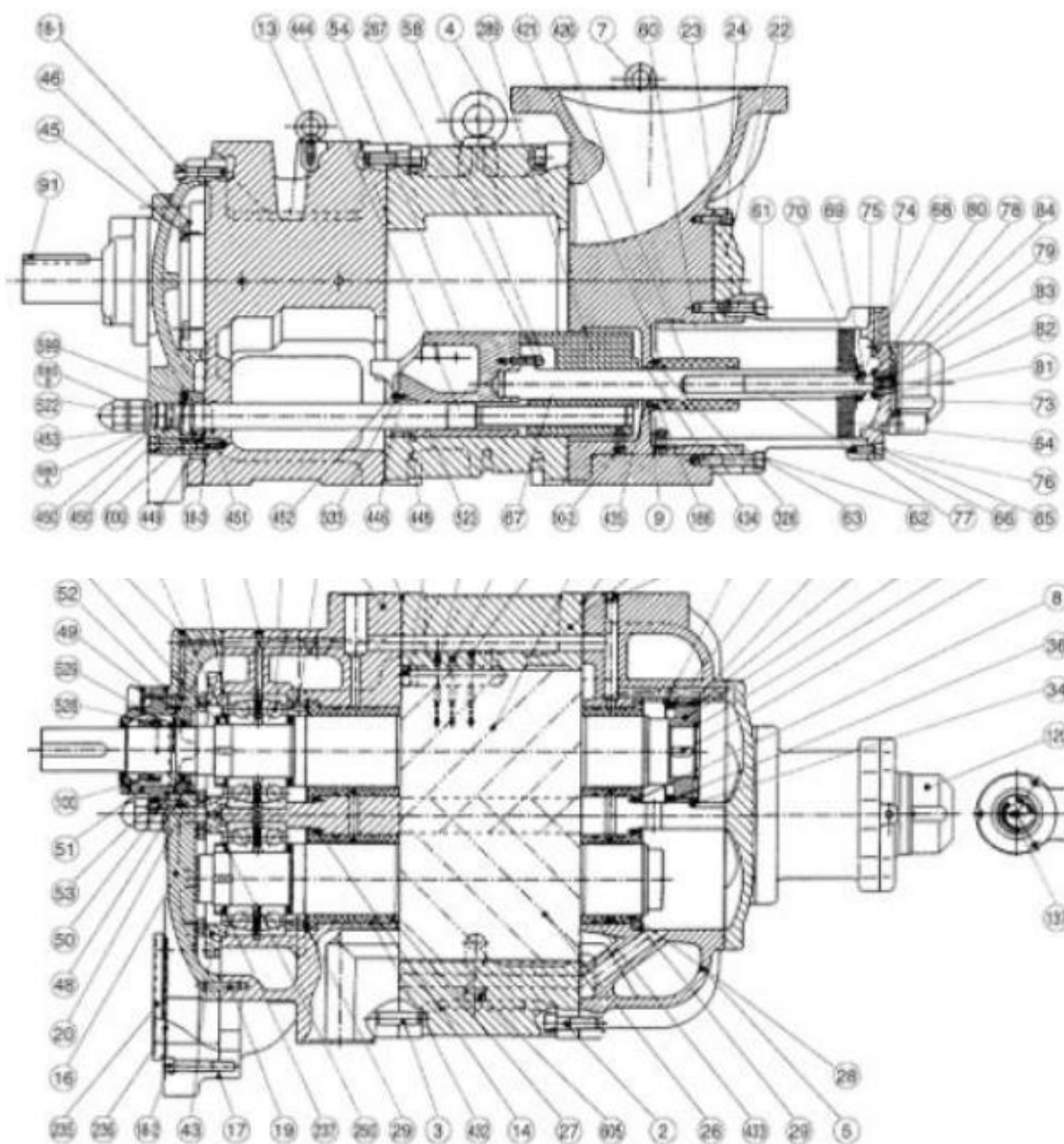


Рисунок 2.6 – Гвинтовий компресор МУСОМ серії SCV

$n_{KM} = 5$ шт.

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				



Таблиця 2.2 – Параметри гвинтового компресора

Модель	Nэ, кВт	Максимальний робочий струм, Вт	Габаритні розміри			Маса, кг
			L	B	H	
MYCOM SCV320	500	800	1500	800	110	249

2.3.3 Опис системи повернення масла в компресорні агрегати

Оскільки щільність масла менше щільності двоокису вуглецю, масло накопичується на поверхні рідкого двоокису вуглецю. Звідти по маслопроводам масло періодично (за рахунок різниці тисків) передавлюється в маслозбірник. З маслозбірника масло періодично, при необхідності, подається в компресорні агрегати. За потреби випорожнення маслозбірника пар двоокису вуглецю відсмоктується компресорами через циркуляційний ресивер, а масло підігрівається нагрівальним елементом, який розташований в маслозбірнику. Випуск масла здійснюється в ємність на зовнішньому майданчику.

Система видалення газів, що не конденсуються.

Незважаючи на герметичність системи аміачного обладнання та трубопроводів в систему можуть потрапляти гази, що не конденсуються.

Основною складовою цих газів, що не конденсуються, є повітря. Наявність неконденсованих газів (повітря) у системі збільшує ризик підвищення тиску конденсації. Видалення повітря здійснюється автоматично повітровідділювачем.

Суміш аміаку, повітря та інших газів, що не конденсуються, відбирається з поплавкових регуляторів, які встановлені після зливу аміаку у випарних конденсаторах в автоматичному режимі В повітровідділювачі відбувається конденсація парів аміаку за рахунок відведення теплоти автономною фреоновою холодильною машиною при температурі кипіння мінус 30 °С, а домішки, що не конденсуються, у міру накопичення видаляються із системи через посудину з водою.

2.4 Розрахунок пластинчастого випарника-конденсатора

Для процесу теплообміну в конденсаторі-випарнику та одержання від теплообмінних апаратів потрібного результату на виході задаємося вихідними параметрами, спираючись на недопущення уповільнення або навіть переривання виробничого процесу, задаємося витратами охолоджуваного середовища та Δt на вході та виході з теплообмінного апарату.

Таблиця 2.3 – Характеристики середовищ та необхідних параметрів теплообміну

Середовище Аміак	t на вході	t на виході	Витрати	Теплоємність	Теплопро- відність	Щільність
	°C	°C	м ³ /ч	кДж/кг*°C	Вт/м*°C	кг/м ³
Аміак	-20	72	1025	2,2	0,23	0,711
CO ₂	80	-17	2420	0,88	0,023	1,977

При наявних вихідних даних та заданих у них параметрах розрахуємо теплову потужність, що виділяється при теплообміні кВт:

$$Q = G_{\text{ср}} \cdot c_{\text{ср}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) / 3600$$

де $G_{\text{ср}}$ – витрата середовища через поверхню теплообміну;

$c_{\text{ср}}$ – теплоємність середовища;

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вих}}$ – температури на вході, виході із теплообмінника.

Розрахуємо теплову потужність для теплообміну CO₂, кВт:

$$Q = 2420 \cdot 0,88 \cdot \frac{(80 - (-17))}{3600} = 57,4 \text{ кВт}$$

Розрахуємо теплову потужність для теплообміну аміаку, кВт:

$$Q = 1025 \cdot 2,2 \cdot \frac{(72 - (-20))}{3600} = 57,5 \text{ кВт}$$

На основі розрахованої потужності складемо баланс теплообміну при заданих температурних режимах.

Отримавши значення теплової потужності, здійснимо розрахунок поверхні теплообміну:

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{ТО}} = \frac{Q}{K_{\text{ТО}} \cdot (t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВЫХ}})}$$

де $K_{\text{ТО}}$ – коефіцієнт теплопередачі поверхні теплообмінника

Розрахуємо площу поверхні:

$$F_{\text{ТО}} = \frac{57500}{24 \cdot (80 - (-17))} = 24,7 \text{ м}^2$$

За отриманими даними підбрали пластинчастий теплообмінник модель АМХ-30-25.

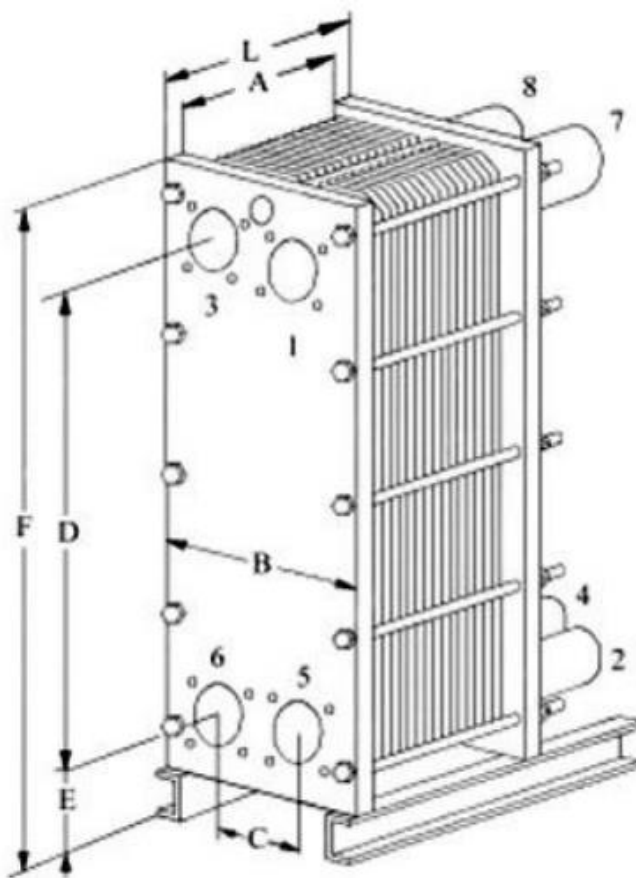


Рисунок 2.7 – Пластинчастий теплообмінник модель АМХ-30-25

Таблиця 2.4 – Параметри випарника-конденсатора холодильної машини

Модель	Холодопродуктивність, кВт	Продуктивність, м ³ /год	Габаритні розміри, мм			F ₁ , м ²
			L	B	H	
АМХ-30-25	57,5	800	800	780	2020	25

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.5 Підбір повітроохолоджувача

Спираючись на вище зазначені розрахунки, відповідно до отриманих параметрів, підбираємо охолоджувачі повітря для холодної кімнати.

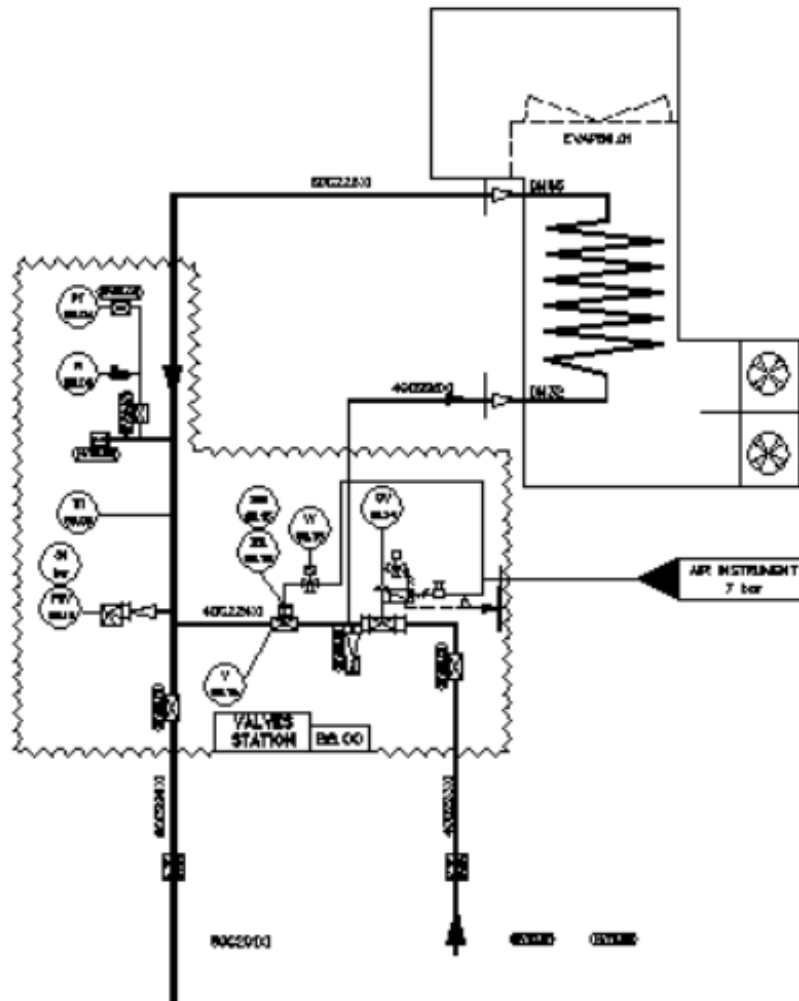


Рисунок 2.8 – Повітроохолоджувач FDA1\72\CO2-EL

Таблиця 2.5 – Параметри повітроохолоджувача

Модель	Холодопродуктивність, кВт	Продуктивність, м ³ /год	Габаритні розміри, мм	
			L	B
FDA1\72\CO2-EL	55	27000	4000	2000

Охолоджувач повітря складається з корпусу в який поміщені теплообмінник та вентилятори. Теплообмінник виконаний із мідних трубок із прикріпленими до них сталевими ребрами. Трубки мають товстостінне виконання для роботи при високому (близько 30 бар) тиску. Відстань між ребрами становить 7-12 мм.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Принцип роботи аналогічний аміачним теплообмінникам і полягає у відборі тепла із навколишнього середовища. Повітря проганяється через випарник, температура всередині якого близько -52 градусів за Цельсієм. Значення температури регулюється автоматикою.

2.6 Система аварійного звільнення обладнання

Для екстреного скидання аміаку при аваріях чи ремонті холодильна установка має дренажний ресивер. Дренажний ресивер розрахований на прийом аміаку з найбільш аміако місткої судини - економайзера.

Маслопроводи (холодильний агент R717)

Заправка системи маслом здійснюється вручну через вентиля, які встановлені у всіх компресорних агрегатах. Кожен компресорний агрегат має власну систему мастила, що включає масловідділювач/маслозбірник, маслоохолоджувач, фільтри для очищення масла та необхідну регулюючу арматуру.

Масло циркулює по замкнутому контуру. Аміачно-масляна суміш, яка нагнітається компресором, проходить через масловідділювач, де масло відокремлюється від пари аміаку і зливається в маслозбірник. Циркуляція масла здійснюється насосом. Регулювання температури масла здійснюється за допомогою триходового клапана. Для підігріву масла, перед пуском компресорних агрегатів після тривалої стоянки в маслозбірниках, встановлені електронагрівачі.

Частина масла, незважаючи на встановлені на компресорних агрегатах масловідділювачі, може потрапити в систему і накопичуватися в апаратах і судинах холодильної установки. Для періодичного видалення масла з компресорних агрегатів, дренажного ресивера та апаратів передбачено маслозбірник, система дренажних трубопроводів та маслопроводів. При необхідності випорожнення маслозбірника пар аміаку відсмоктується компресорами через циркуляційний ресивер, а масло підігрівається нагрівальним елементом, який розташований в маслозбірнику. Випуск масла здійснюється в ємність на зовнішньому майданчику.

2.6.1 Заповнення (поповнення) аміачної холодильної установки рідким аміаком

Первинне заповнення аміачної системи передбачено із автомобільної цистерни. Поповнення передбачено з балонів через вузол заправки. Вузол заправки встановлюється в металевому ящику, що замикається. Перед операцією зливу аміаку повинен бути випорожнений приямок, який призначений для збору можливих проливів аміаку. Підготовлені до роботи технічні пристрої системи локалізації та ліквідації аварії.

Готовність системи до заповнення та дозвіл про заповнення системи оформляється відповідними актами. Операція зливу рідкого аміаку відноситься до газонебезпечних робіт II групи. Виконання всіх робіт із зливу рідкого аміаку (заповнення та/або поповнення системи) повинно проводитись за відповідною інструкцією, затвердженою головним інженером підприємства.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При наповненні аміачної системи на балоні перевіряють тавро, фарбування та напис, справність арматури та наявність сертифікату якості.

Перед початком заправки проводиться аналітичний контроль аміаку на відповідність вимогам.

Відбір проб проводиться через спеціально призначену для цих цілей арматуру транспортувальної ємності. Автомобільна цистерна з аміаком, яка прибула на підприємство, приймається від особи, що супроводжує цистерну за актом відповідальній особі підприємства. Після огляду цистерни відповідальні з обох боків особи дають письмовий висновок про стан цистерни та можливості проведення робіт із зливу або при виявленні відступів від вимог складається акт, при цьому зливати аміак з цистерни категорично забороняється. До початку зливу аміаку автомобільна цистерна повинна бути загальмована та підклинена з обох сторін гальмівними черевиками, заземлена, підключена до блокування зсуву цистерни та огорожена переносними сигналами червоного кольору та знаком з написом «Стій! Проїзд закрито. Аміак».

Злив рідкого аміаку з автомобільної цистерни здійснюється через знімний трубопровід автомобіля заправника, що підключається до стикувального вузла заправного колектора аміачної холодильної установки. Перед початком зливу мають бути виконані заходи, що дозволяють локалізувати та ліквідувати наслідки можливого протoku рідкого аміаку. Усі операції з приєднання цистерни та зливу рідкого аміаку, як і за її від'єднання, повинні проводитися в засобах індивідуального захисту.

Перед поповненням системи аміаком необхідно переконатися, що в балоні аміак, а не будь-який інший газ і зважити балон. Потім балон встановлюють на підставці похило вентилем вниз і з'єднують з наповнювачем на зарядному колекторі холодильної установки за допомогою спеціально вигнутої цільнотягнутої труби, до кінця якої приварений штуцер для підключення до колектора. Про закінчення передавлювання аміаку з балона свідчить іній на нижній частині балона та наповнювальної трубки. Після вимкнення балон зважують. Інші операції при поповненні системи з балонів, такі як складання актів, пломбування вентилів тощо, аналогічні заходам при заправці системи із автоцистерни.

Заправка 1-ї системи (Каскадна установка, система охолодження холодоносія)

Рідкий аміак з автомобільної цистерни надходить у холодильну систему за допомогою різниці тисків. Початкове заповнення виконується в економайзер після попереднього вакуумування системи.

Наступне поповнення виконується також у економайзер, зниження тиску у ньому проводиться компресорами холодильної установки.

Достатність заповнення контролюється за вказівниками рівня економайзера.

Залишковий надлишковий тиск у транспортувальній ємності при повному її випорожненні має бути не менше 0,05 МПа.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Заправка 2-ї системи

Рідкий аміак з автомобільної цистерни надходить у холодильну систему за допомогою різниці тисків. Початкове та наступне заповнення виконується в живильник з функцією відділювач рідини після попереднього вакуумування системи. Зниження тиску в ньому проводиться компресором холодильної установки. Достатність заповнення контролюється за вказівниками рівня в живильнику з функцією відокремлювач рідини.

Залишковий надлишковий тиск у транспортувальній ємності при повному її випорожненні має бути не менше 0,05 МПа. Після закінчення операції зі зливу аміаку приймальні вентилі холодильної установки повинні бути закриті та опломбовані. Заправний вузол холодильної установки слід закрити на ключ.

2.6.2 Заповнення (поповнення) холодильної установки рідким CO₂

Первинне заповнення вуглекислотної системи в проекті передбачено з автомобільної цистерни через вузол заправки. Дозаправка проводиться з балонів. Готовність системи до заповнення та дозвіл про заповнення системи оформляється відповідними актами.

2.7 Автоматизація холодильної установки

Холодильна установка з $t_0 = -52^{\circ}\text{C}$ призначена для підтримки температурного режиму від -52°C до -48°C у камері для заморожування кавового екстракту. Проектом передбачається комплексна автоматизація процесів контролю, регулювання, управління та захисту від небезпечних режимів роботи.

Установка може працювати у трьох режимах:

- 1) автоматичному – від реле температур, які контролюють температуру повітря у камерах, температуру кипіння холодоагенту;
- 2) напівавтоматичному, при якому регулювання параметрів в об'єкті та продуктивності установки здійснюється частково або повністю вручну, а автоматично працює захист та контроль;
- 3) ручному, що характеризується відключенням системи автоматизації, крім захисту, всі операції здійснюються вручну. Режим застосовують як налагоджувальний.

Характеристика об'єкта автоматизації.

Холодильна установка працює на холодоагенті R744 та R717.

Використовуються компресорні агрегати, теплообмінне обладнання та допоміжне холодильне обладнання. Випарна система насосно-циркуляційна з безпосередньою нижньою подачею холодоагенту у повітроохолоджувачі. Застосовуються повітряні конденсатори.

Щити та пульти

В обсязі комплексної автоматизації передбачається змішане компонування щитів та пульта. Локальна система автоматизації агрегатів, приладів охолодження об'єднана командно-сигнальним щитом в єдину систему регулювання, управління, контролю та захисту. Щит та робоче місце оператора

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

розташовується в окремому приміщенні і становить центральний пульт управління холодильною установкою. Туди надходить інформація про технологічний процес, зовнішні впливи на об'єкт та стан технологічного обладнання. Також звідси здійснюється контроль та оперативне управління установкою. Для розміщення засобів автоматизації передбачені місцеві щитки та індивідуальні пульти із заводським розташуванням на обладнанні, а також індивідуальні пульти та місцеві щити, які розташовані на рамі з обладнанням.

На КСЦ розташована схема із вбудованою технологічною та аварійною світловою сигналізацією, прилади регулювання продуктивності компресора, температури повітря в камерах, температури конденсації, а також ключі управління водяними насосами, охолоджувачами повітря.

Управління компресорами виконується з індивідуальних пультів керування, які розташовані на компресорах. На пультах розміщено: ключ режиму роботи, кнопки увімкнення захисту, сигнальна лампа захисних приладів, лічильник компресорів.

Основні рішення щодо автоматизації

Автоматичний захист компресорів від небезпечних режимів роботи
Автоматичний захист компресорів від небезпечних режимів роботи здійснюється за такими параметрами:

1. Від гідравлічного удару за допомогою двох дублюючих один одного реле рівня ПРУ-5 для аварійного відключення, що встановлюються на відділювачі рідини;

2. Від підвищення температури парів холодоагенту на нагнітанні за допомогою датчика-реле Alco-Controls TS1-A6C; датчик якого поміщений у гільзі нагнітального трубопроводу компресора між нагнітальним вентилям та зворотним клапаном. Реле зупиняє компресор у разі $t_{\text{відкл}} \geq 95^{\circ}\text{C}$;

3. Від підвищення тиску нагнітання за допомогою високого блоку тиску у двоблочному реле тиску Alco-Controls PS2-A7U, яке підключається до нагнітального трубопроводу компресора до запірного вентиля компресора $P_{\text{відкл}} \geq 30 \text{ МПа}$;

4. Захист від зниження всмоктування за допомогою блоку низького тиску у двоблочному реле тиску Alco-Controls PS2-A7U, що підключається до всмоктувального трубопроводу компресора до запірного вентиля $P_{\text{від}} \geq 0,2 \text{ МПа}$;

5. Від порушень роботи системи. Контролюється робота шестерного насосу через контроль різниці тисків, створюваних масляним насосом. При зниженні різниці тисків $\Delta P \leq 0,05 \text{ МПа}$, реле Bitzer MP54 спрацьовує та зупиняє компресор.

Автоматичне регулювання температури кипіння у випарній системі передбачається з метою узгодження холодопродуктивності компресорів з тепловим навантаженням шляхом їх автоматичного пуску та зупинки. Датчики Alco-Controls ESCN-P80 електронного контролера температури Alco-Controls EC3-111 розміщуються на рідинному стоку. На два компресора, тобто ступінчаста система регулювання компресорів здійснюється чотирма датчиками температури. При статичній системі налаштування необхідно щоб температура запуску кожного з наступних компресорів була вищою за

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температуру зупинки наступного компресора – нижче за температуру зупинки попереднього.

Автоматичне регулювання подачі рідкого холодильного агента у випарну систему

Автоматичне регулювання подачі рідкого холодильного агента у циркуляційний ресивер здійснюється за допомогою реле рівня ПРУ-5 керуючого соленоїдним вентилям на трубопроводі подачі рідкого фреону у циркуляційний ресивер. Для дроселювання рідини та первісного налаштування системи регулювання після соленоїдного вентиля слідє передбачати ручний регулюючий вентиль. З метою забезпечення стійкої та безаварійної роботи насоса датчик реле рівня розміщують на ресивер так, щоб загальна висота стовпа рідини над віссю насоса становила $H_{с.т.рід.} = 0,7/1,0$ м.

Автоматичний захист насосів від небезпечних режимів роботи

Автоматичний захист аміачних насосів від небезпечних режимів роботи здійснюється за такими параметрами:

1. Захист від зриву струменя за допомогою реле різниці тисків Alco-Controls FD 113 ZU, що підключаються до трубопроводів та після насоса $\Delta P_{відк} \geq 0,3$ МПа;

2. Захист від недостатньої кількості рідини в контурі насоса за допомогою реле рівня ПРУ-5, поплавкова камера якого встановлюється вище осі насоса на 250 - 300 мм;

3. Захист електродвигуна насоса, вбудованого в магнітний пускач.

Автоматичне регулювання температури повітря в камерах

Внаслідок великої теплової інертності холодильних об'єктів та простоти системи поширене двопозиційне регулювання продуктивності повітроохолоджувачів. В якості продуктивності датчиків використовуються температурні датчики Alco-Controls ESCN-P80. В якості вторинного приладу використовується контролер Alco-Controls EC3-111.

Контролер впливає на соленоїдний вентиль та вентилятори повітроохолоджувачів. При підвищенні температури повітря в камері контролер включає соленоїдний вентиль на трубопроводі подачі холодильного агента в повітроохолоджувач та включає вентилятор повітроохолоджувача. При досягненні заданої температури реле вимикає соленоїдний вентиль та електродвигун вентилятора, тобто, відбувається роздільне регулювання температури на об'єкті.

Комплексною системою автоматизації передбачається також:

- автоматизація розморожування повітроохолоджувачів;
- управління запуском компресорів;
- управління запуском насосів;
- світлова сигналізація технологічна, попереджувальна, аварійна;
- звукова сигналізація попереджувальна та аварійна.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

У роботі розглядається холодильне обладнання кавового заводу. Незважаючи на всі сучасні технології робота на такій установці супроводжується великими ризиками.

Багато технічних агрегатів є небезпечними через обладнання, яке працює на високих оборотах та під високим тиском. Далі розглянемо докладніше які шкідливі та небезпечні фактори впливають на персонал, що обслуговує цю установку.

Фізичні фактори

Запиленість. Пил, що утворюється в процесі технологічних і виробничих операцій, є одним із шкідливих факторів робочого середовища. Пилові домішки різного характеру у складі повітря здатні не тільки негативно впливати на здоров'я працівників, а й знижувати показники якості продукції, що виготовляється. На цьому на підприємстві рівень запиленості критично малий. Усі цехи залиті спеціальним покриттям для підлоги (рідке скло). Гарна вентиляція, а також щоденне прибирання спеціальним обладнанням.

Викид CO₂ в довкілля виконується лише в аварійному випадку коли неможливо вжити інших заходів. У цьому випадку спрацьовують запобіжні клапани, які встановлені на обладнанні, що працює при підвищеному тиску.

У разі планових ремонтів рідкий CO₂ зливають у спеціальні автоцистерни.

Другою основною причиною забруднення довкілля є забруднення маслом. Особливістю гвинтових компресорів є великий масляний запас для роботи. У кожному компресорі близько 400 літрів масла. Необхідно при проведенні ремонтних робіт та при експлуатації холодильної установки виконувати роботи таким чином, щоб виключити попадання відпрацьованого масла в ґрунт або в ґрунтові води. Все відпрацьоване масло збирається у спеціальні підписані бочки та відправляється у спеціальний склад. Надалі його забирає спеціальна переробна компанія

3.2 Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це комплекс фізичних факторів, що впливають на теплообмін людини та визначають самопочуття, працездатність, здоров'я та продуктивність праці.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>				Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						3	50
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

Підтримка мікроклімату робочого місця в межах гігієнічних норм – найважливіше завдання охорони праці.

Показники мікроклімату:

Температура повітря: установка знаходиться в повністю ізольованому від зовнішнього середовища приміщенні. Це дозволяє цілий рік підтримувати температуру не більше 21-25 градусів.

Відносна вологість повітря 60%, швидкість руху повітря менше 0.2 м/с, що дозволяє персоналу комфортно почуватися на робочому місці.

Шум

Підвищений рівень шуму на робочому місці. Дія фактора: сприяє зниженню гостроти слуху, порушення функціонального стану серцево-судинної та нервової системи. Шум, який супроводжує виробничий процес, буває різним. Його вимірюють за характером спектру та за тривалістю.

У зв'язку з безперервною роботою гвинтових компресорів шум на підприємстві завжди вищий за 60 дБ. При вході до цеху працівники зобов'язані одягати спеціальні навушники чи беруші. Персонал отримує грошову надбавку за роботу в таких умовах.

Вібрація

Підвищений рівень вібрації. Дія фактора: при тривалому впливі вібрації на організм виникають зміни, що призводять до ряду випадків вібраційної хвороби. Завдяки тому, що все обладнання встановлено на спеціальні віброопори, рівень вібрації мінімальний і не завдає шкоди персоналу.

3.3 Штучне та природне освітлення

Залежно від джерела розрізняють природне, штучне та суміщене освітлення. Природне освітлення здійснюється сонцем та розсіяним світлом небосхилу. Штучне – лампами розжарювання та газорозрядними лампами. Поєднане освітлення є комбінацією природного та штучного освітлення.

Одна зі стін цеху виконана повністю зі скла для забезпечення гарного природного освітлення, так само на відстані 3 метрів один від одного встановлені світлодіодні ліхтарі.

Освітленість цеху дорівнює 400 лк. Що дозволяє виконувати виробничі роботи середньої, малої та грубої точності.

3.4. Електробезпека та пожежна безпека

Для забезпечення безпеки при користуванні електричним обладнанням, апаратурою та електроустановками на підприємстві реалізовано низку організаційних та технічних заходів, покликаних захистити людей від ураження електрикою.

Система цих заходів включає такі заходи, як:

- заходи щодо організації справної роботи електрообладнання та його експлуатації відповідно до інструкції та правил;
- заходи технічного характеру;
- організаційні заходи, зокрема адміністративного характеру;

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

– забезпечення працівників електрозахисними засобами

Усе обладнання підприємства має контур заземлення. Кожен день електрик контролює стан усіх електромеханізмів. Персонал 1 раз на півроку проходить інструктаж з техніки безпеки. На стінах розміщені запобіжні плакати. Усі електронебезпечні роботи здійснюються у спеціальному екіпуванні та спеціальним електрозахисним інструментом.

Пожежна безпека

Пожежна безпека промислових підприємств – важливий комплекс заходів, що забезпечують збереження здоров'я працівників промисловості.

Подібні правила розробляються та затверджуються спеціальними комісіями, діяльність яких спрямована на запобігання нещасним випадкам на робочих місцях. Виробничі приміщення холодильної установки мають категорію пожежної небезпеки.

У кожному цеху встановлені 2 пожежні гідранти та 4 вогнегасники. Всі цехи оснащені протипожежною сигналізацією та димовими аналізаторами. Персонал 1 раз на шість місяців проходить інструктаж.

На території заводу є спеціальний майданчик, що знаходиться на великому віддаленні від усіх цехів. У разі екстреної ситуації весь персонал повинен негайно попрямувати на дану площадку.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена модернізації холодильної установки для заморожування екстракту кави. У роботі зазначено, що виробництво кави – це метод перетворення сирих плодів кавових рослин у готову каву. Існують різні способи обробки кави, які можуть суттєво вплинути на смакові якості. Величезне зростання попиту на високоякісні кавові продукти означає, що дрібні виробники можуть використовувати якість та інновації, щоб отримати вигоду від цього величезного потенціалу.

У першому розділі здійснено аналіз технологічного процесу заморожування кавового екстракту. Докладно розглянуто ділянку заморожування кавового екстракту. Сконцентровано увагу на тому, щоб отримати тверду розчинну каву її заморожують приблизно до -40°C , щоб сформувати тонкий шар, який потім розбивається на крихітні шматочки. Ці гранули потім завантажуються в сублімаційну сушарку: для сушіння сублімації замороженого продукту використовуються як періодичні, так і безперервні установки. Зазначено, що у кавовий екстракт додають пил, який утворився після дроблення кави, отримана суміш прямує у вататори. Вотатор являє собою великий кожухотрубний теплообмінник із шнеком всередині. Зовнішній шар вотатора наповнений рідким CO_2 , внутрішній – кавовим екстрактом. В результаті на виході отримується кавовий екстракт із утворенням кристалів льоду.

Вважається, що швидкість заморожування кавового екстракту є основним чинником кольору кінцевого продукту. Висока швидкість заморожування дає продукт, який має світло-коричневий чи коричневий колір. У міру уповільнення швидкості замерзання виходить темніший, більш бажаний продукт. Колір кінцевого продукту, а саме кави може контролюватись шляхом коригування швидкості заморожування екстракту.

Другий розділ присвячено модернізації холодильної установки для заморожування екстракту кави. Було проведено розрахунок розширення холодної кімнати для заморожування кавового екстракту. Визначено планування нової холодильної камери, здійснено розрахунки товщини теплоізоляції будівельних конструкцій та теплотехнічний розрахунок холодильного контуру підприємства.

Було розраховано та підібрано сучасне холодильне обладнання, а саме гвинтовий компресор MYCOM серії SCV холодопродуктивністю 760 кВт, пластинчастий теплообмінник модель AMX-30-25, повітроохолоджувач FDA172\CO2-EL. Прийнято насосно-циркуляційну схему холодильної установки. Розроблено схему комплексної автоматизації, що передбачає контроль, захист, сигналізацію, керування та регулювання параметрів роботи холодильної установки.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шкільна</i>			Модернізація холодильної установки для заморожування екстракту кави	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					2	50
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Омельченко</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Freezing coffee beans - why and how you should do it? Режим доступу: <https://www.baristainstitute.com/blog/jori-korhonen/april-2021/freezing-coffee-beans-why-and-how-you-should-do-it>.
2. Process for freezing coffee extract prior to lyophilization. Режим доступу: <https://patents.justia.com/patent/3961424>.
3. Лінія для виробництва та пакування меленої кави. Режим доступу: <https://www.waiz.com.ua/ua/kharchovi-liniji-pid-klyuch/269-liniya-dlya-virobnitstva-ta-pakuvannya-melenoji-kavi>.
4. Модель об'ємного дозування меленої кави на базі Scada системи Labview. Режим доступу: <http://chemengine.kpi.ua/article/view/119419/113961>.
5. Кава натуральна розчинна. Загальні технічні умови : ДСТУ 4394:2005. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 10 с. (Національний стандарт України).
6. Желібо Є.П., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. К.: Каравела, 2018. 288 с.
7. Гуртовенко Ю.О. Проектування холодильників. Біла Церква: Технологіко-економічний коледж Білоцерківського національного аграрного університету, 2010. 124 с.
8. Чумак. І.Г., Чепурненко В.П. Холодильні установки: Одеса: Рефпринтінфо, 2006. 550 с.
9. Шеляков О.П. Технологічне обладнання і холодильна техніка: Підручник. К.: Вища шк., 1996. 503с.
10. Конвісер І.О., Паричіна Т.Б. Холодильна технологія харчових продуктів. К.: Київ, нац. торг-екон. Ун-т, 2001. 242с.
11. Датьков В.П., Шевченко П.І., Коновал Г.С. Холодильне устаткування галузі. Навчальний посібник. Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. 162 с.
12. Akyurt, M., Zaki, G., & Habeebullah, B. (2002). Freezing phenomena in ice – water systems. *Energy Conversion and Management*, 43(14), 1773–1789.
13. Silva A.C. & Schmidt F.C. (2019). Vacuum freezing of coffee extract under different process conditions. *Food and Bioprocess Technology*, 12(6), 87–99.
14. Гуртовенко Ю.О. Холодильна техніка. Біла Церква: Технологіко-економічний коледж Білоцерківського національного аграрного університету, 2010. 125 с.
15. Бойко М.М. Експлуатація холодильного та торговельного обладнання. Х.: «Компанія СМІТ», 2001, 120 с.
16. Арустамова Э.А. Безпека життєдіяльності. К: Дашков і До, 2006, 476 с.
17. Block freeze-concentration of coffee extract: Effect of freezing and thawing stages on solute recovery and bioactive compounds Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877413004007>.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Додаток А
Ростер Топер ТКМ-SX 10



Ростер Топер ТКМ-SX 10

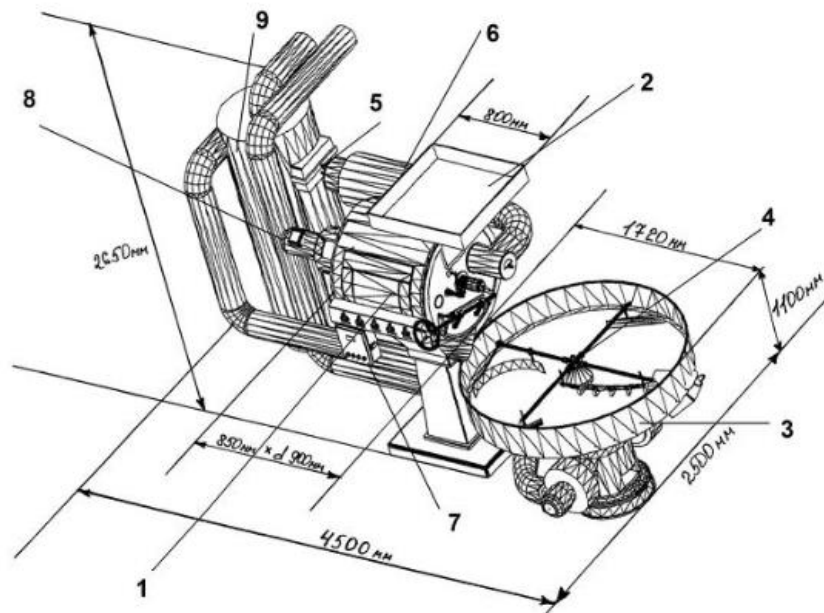
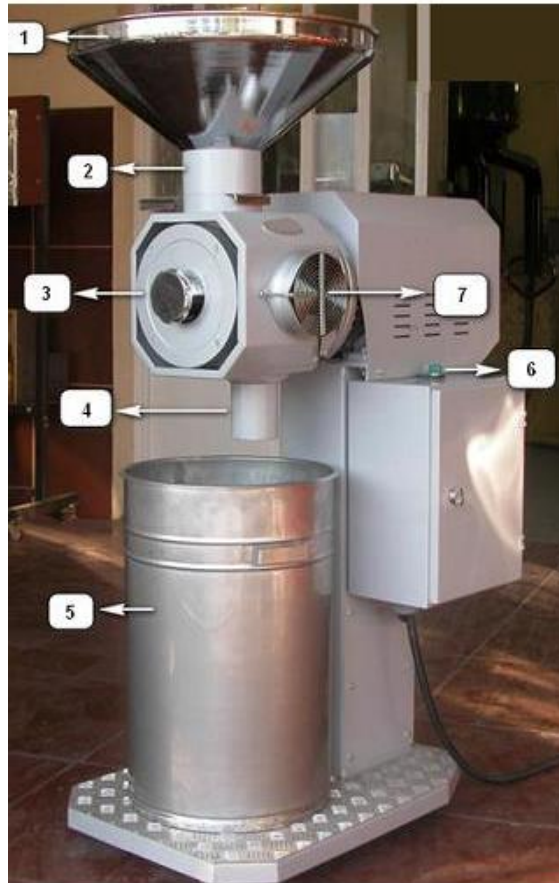


Рисунок 1.2 – Ростер для смаження «Вайз»

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Шкільна				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко					1	50
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ		
Затверд.	Омельченко				Кафедра ЗІДО		

Додаток Б
Промисловий кавовий млин



Промисловий кавовий млин

На рис. 1.3 позначено: 1 – завантажувальний бункер, 2 – завантажувальний клапан, 3 – регулюючий механізм, що дозволяє встановити необхідну товщину кави, 4 – канал для виходу меленої кави, 5 – чаша для перенесення кави, 6 – кнопка живлення: включити/виключити, 7 – охолоджуючий вентилятор. Використовується для охолодження «сорочки».

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					1	50
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>				Промисловий кавовий млин		

Додаток В

Схема заморожування кавового екстракту

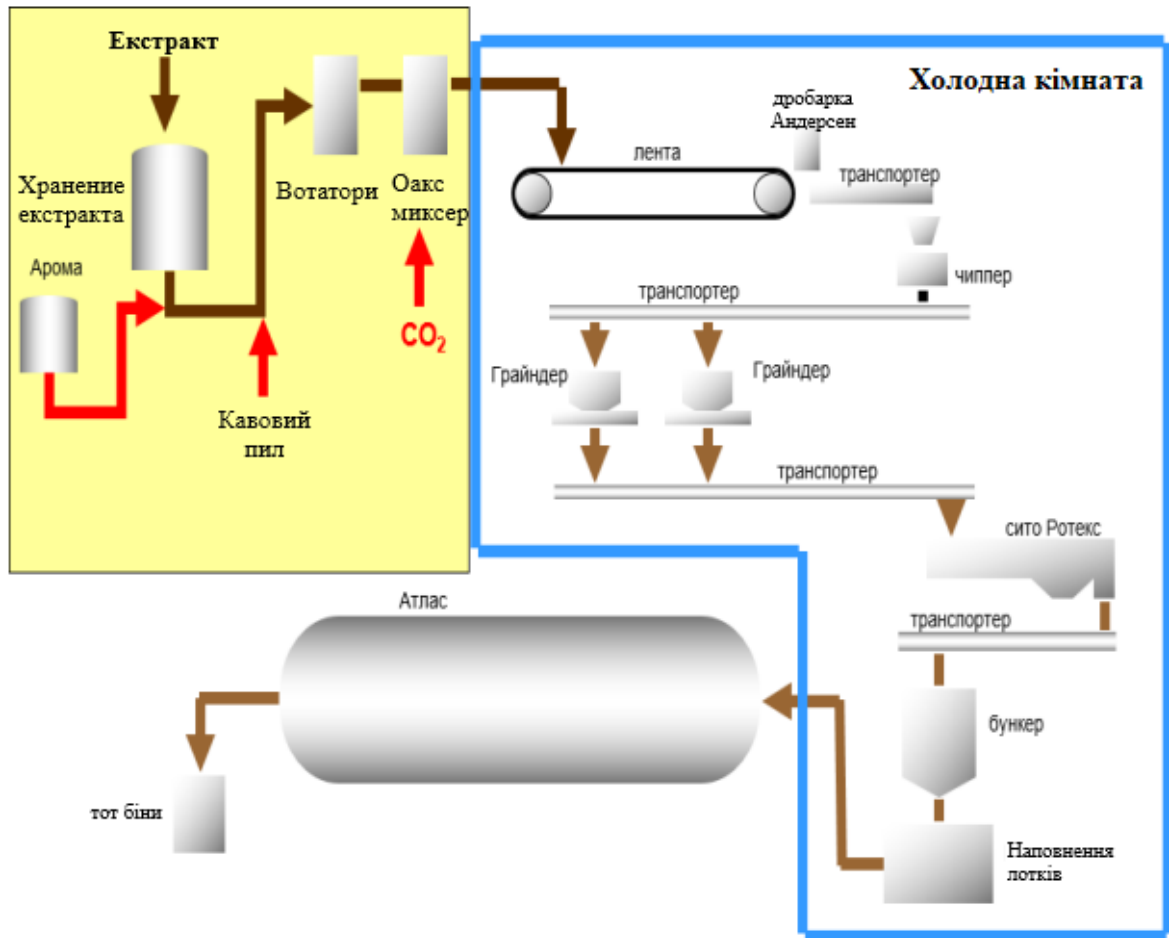


Схема заморожування кавового екстракту

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шкільна				Схема заморожування кавового екстракту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко						2	50
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.	Омельченко							

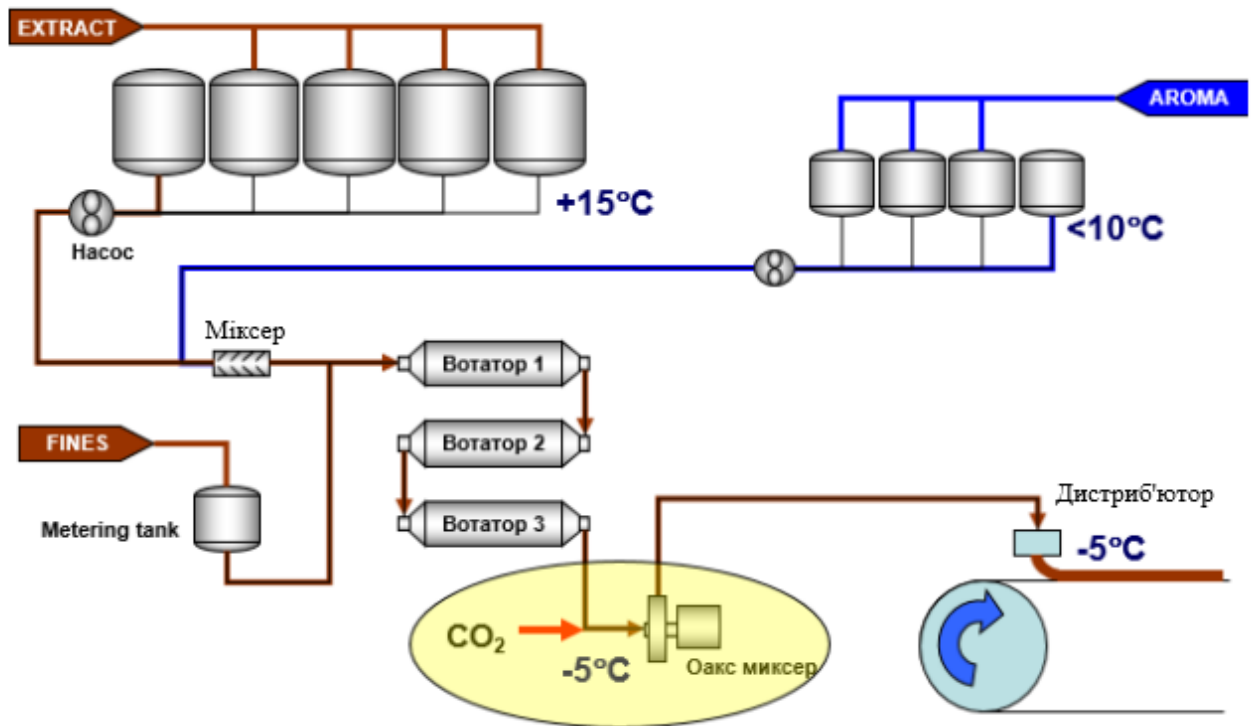
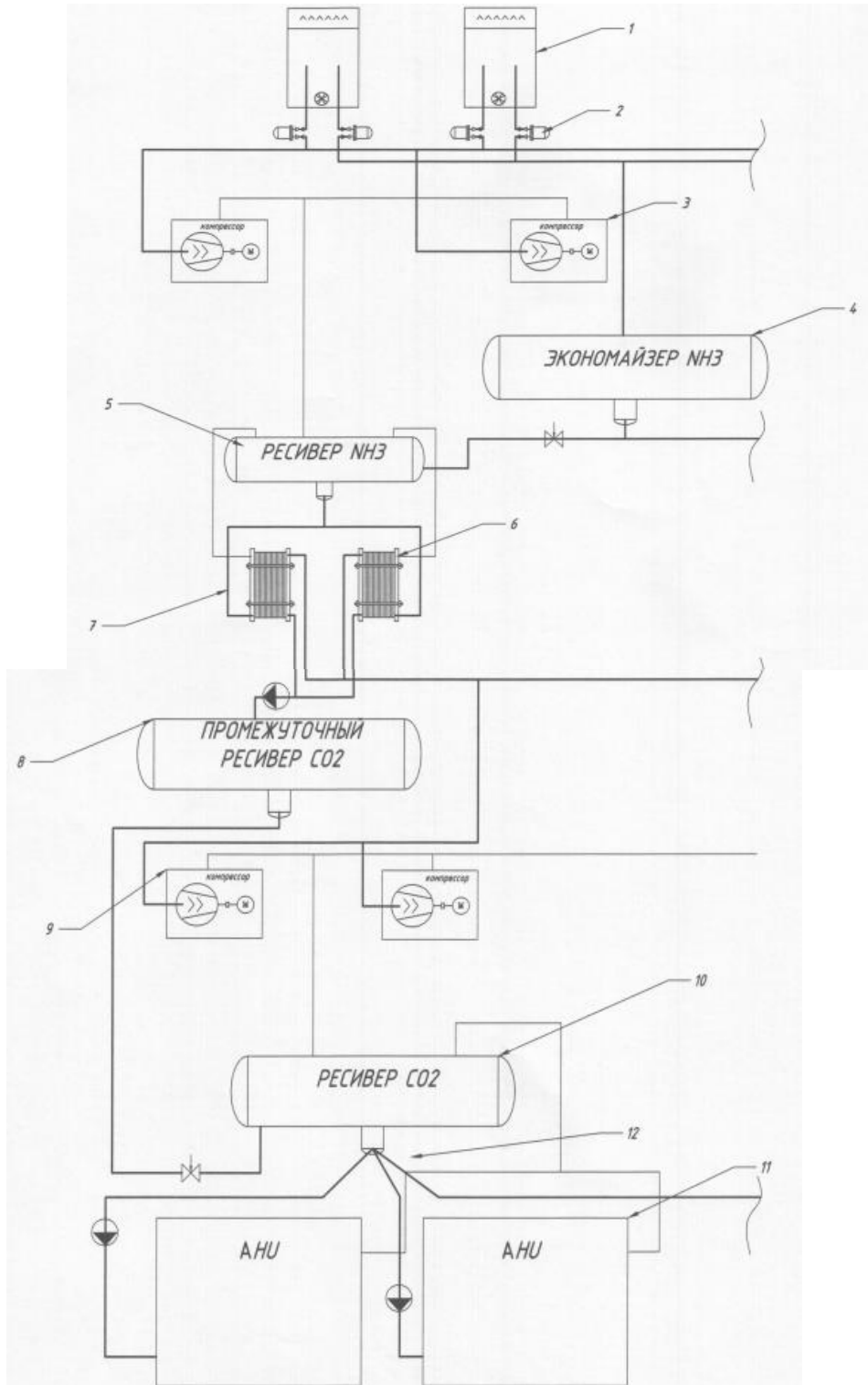


Схема заморожування кавового екстракту

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Шкільна				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко					2	50
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Омельченко						

**Схема заморожування
кавового екстракту**

Додаток Г
Технологічна схема холодильної машини



Технологічна схема холодильної машини

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна схема холодильної машини	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Шкільна						1	50
Перевір.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Н. Контр.	Омельченко							
Затверд.	Омельченко							

Додаток Д

Схема холодильної машини

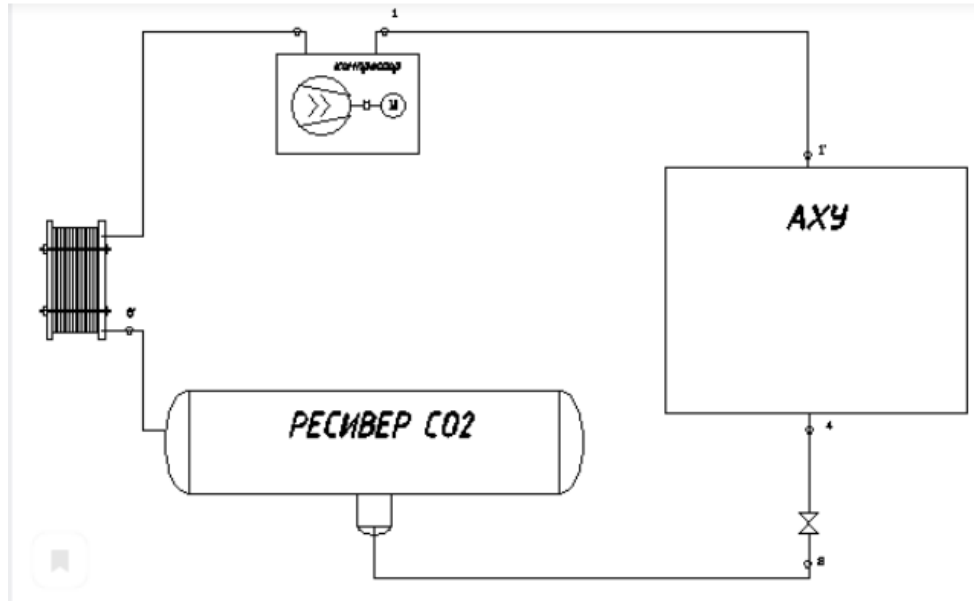
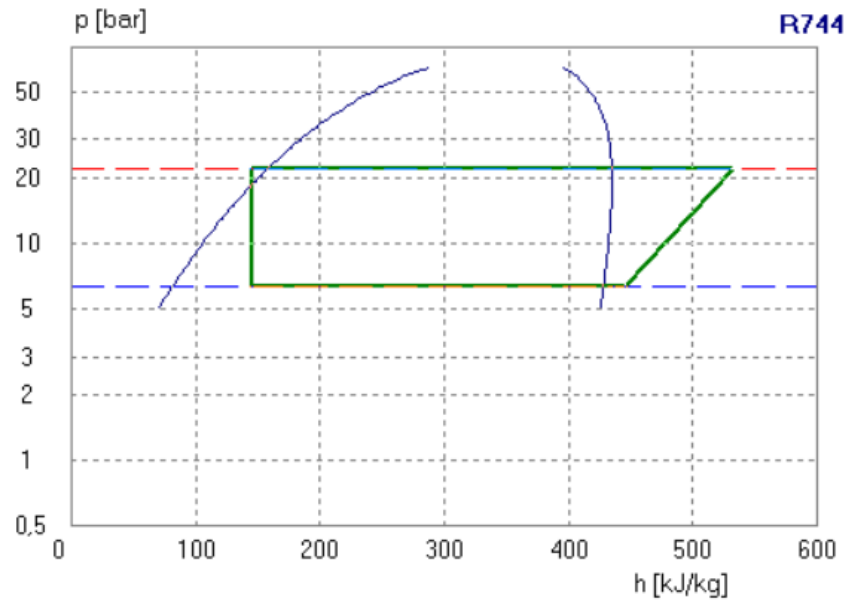


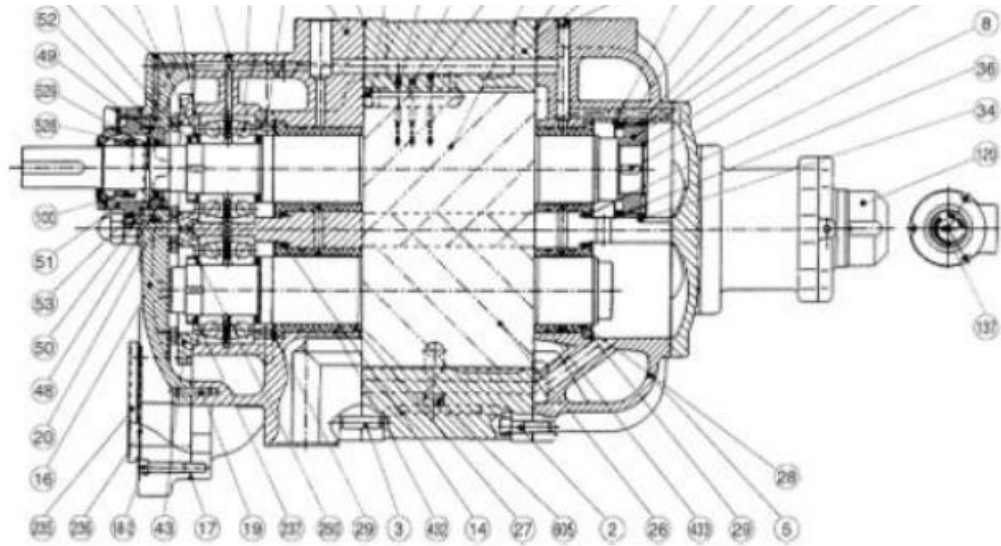
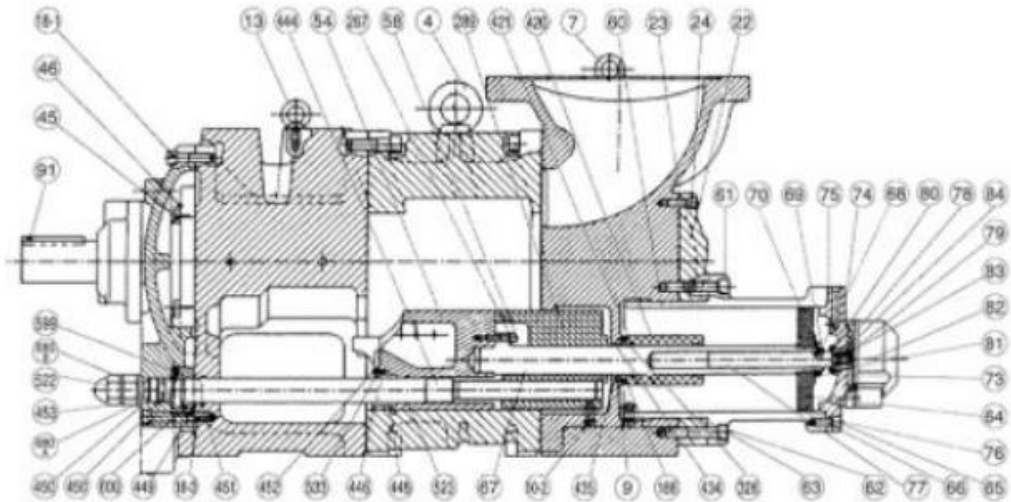
Схема холодильної машини



Цикл холодильної машини

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Шкільна			
Перевір.	Омельченко			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
Схема холодильної машини				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		1	50	
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Додаток Е
Гвинтовий компресор MYCOM

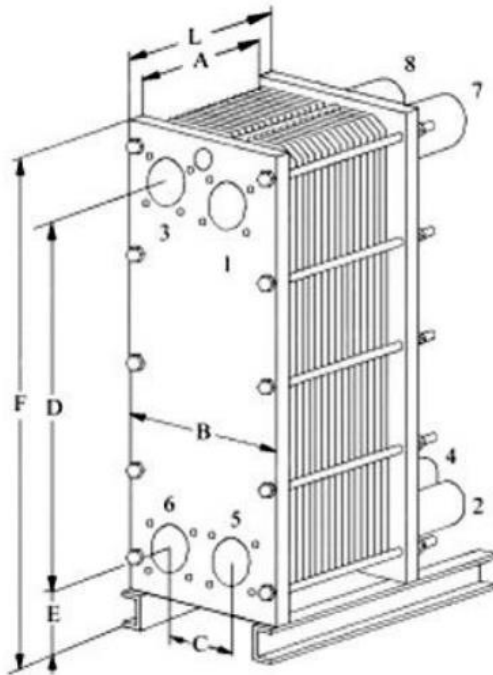


Гвинтовий компресор MYCOM серії SCV

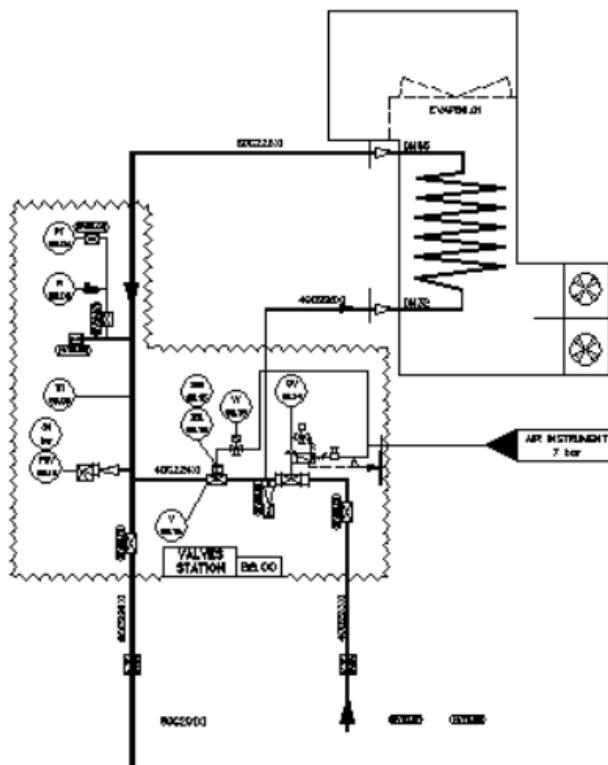


					ДонНУЕТ.142. ЕМБ-18.2022.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>				Літ.	Арк.	Аркушів
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					1	50
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>				Кафедра ЗІДО		
Гвинтовий компресор							

Додаток Є
Пластинчастий теплообмінник модель АМХ-30-25



Пластинчастий теплообмінник модель АМХ-30-25



Повітроохолоджувач FDA1\72\CO2-EL

					ДонНУЕТ.142. ЕМБ-18.2022.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Пластинчастий теплообмінник модель АМХ-30-25		
<i>Розроб.</i>	<i>Шкільна</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>					1	50
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>						