

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: **«ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ  
ПІДПРИЄМСТВА МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ»**

Виконав:  
здобувач вищої освіти Лавриненко Олександр Юрійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: к.п.н. Цвіркун Л.О. \_\_\_\_\_  
(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



4. Охорона праці.
5. Висновки.
6. Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
  1. Схема сепаратора-молокоочисника ОХО-10 продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год.
  2. Принципова схема сепаратора – нормалізатора РЗ-ОЦТ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год.
  3. Карусельний парафінер.
  4. Схема охолодження молока в резервуарі охолоджувача з попереднім теплообмінником.
  5. Принципова схема чіллера DN TS430BUSOHF.
  6. Холодильна установка t<sub>0</sub>= -5 °С.
  7. Технологічна схема виробництва сиру.
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	Аналітичний огляд обладнання для виробництва молочної сировини.	16.12.2022-10.03.2022
3	Підбір холодильного обладнання для охолодження молочної сировини, дозрівання та зберігання.	11.03.2022-15.04.2022
5	Охорона праці	16.04.2022-30.04.2022
6	Висновки по роботі	01.05.2022-12.05.2022
7	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2022-05.06.2022

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

Лавриненко О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 52 сторінки, в тому числі основного тексту – 45 сторінок. Робота містить: 2 таблиці, 22 рисунка. Список використаних джерел складається з 17 найменувань.

Об'єкт роботи – обладнання для виробництва молочної сировини.

Предмет роботи – теоретичні та практичні аспекти проектно-конструкторських рішень холодильника.

Мета роботи – технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості

Бакалаврська робота присвячена технічному оснащенню холодильної установки для підприємства молочної промисловості. Підібрано холодильне обладнання для охолодження молочної сировини, дозрівання та зберігання сиру. Здійснено розрахунок теплообмінних апаратів та підбір обладнання, а саме обрано теплообмінник пластинчастий розбірний П13-43 для молока поверхнею теплообміну  $5,34 \text{ м}^2$ ; для охолодження розсолу було підібрано теплообмінник пластинчастий розбірний П28-25 з поверхнею теплообміну  $6,35 \text{ м}^2$ . Для цих умов теплообміну здійснено підбір чіллера марки Dantex, модель чіллера підібрана DN-TS430BUSOHF із холодопродуктивністю  $131,97 \text{ кВт}$  та витратою холодоносія  $66,9 \text{ м}^3/\text{год}$ , вбудованим гідромодулем та системою FREECOLING. Прийнято систему холодопостачання вентиляційних та теплообмінних апаратів, а також схема холодильної установки, використовуваний холодильний агент – фреон R410a.

Головним холодильним агрегатом виробництва сиру є система камери дозрівання сиру. Щоб не встановлювати безліч внутрішніх блоків повітроохолоджувачів, було вирішено обрати моноблочне встановлення центрального кондиціонера системи П1 установка Airmate-2000-U3 із системою розподілу повітря. Для холодильної камери зберігання сиру було здійснено розрахунок товщини теплоізоляції холодильної камери зберігання сиру, теплотехнічний розрахунок камери зберігання. На основі отриманих розрахунків була обрана установка зі спліт-системним виконанням марки Polair по модельному ряду – система типу SM-342S (SM-342SF) з максимальним електроспоживанням  $3,6 \text{ кВт}$  та необхідною холодопродуктивністю  $4 \text{ кВт}$  за встановленої температури камери характеристиками конденсатора по поверхні теплообміну  $19,5 \text{ м}^2$ . Ця система також підходить для характеристик випарника з площею теплообміну випарника  $17,8 \text{ м}^2$ .

У якості допоміжного обладнання обрано компресорно-конденсаторний блок – це холодильне обладнання призначене для викиду тепла у навколишнє середовище.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** холодильна установка, молочна промисловість, холодильне обладнання для охолодження молочної сировини, дозрівання та зберігання, теплообмінні апарати, чіллер, вентиляційне обладнання, компресорно-конденсаторний блок, холодильна камера, сир.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ	7
1.1 Технологічний процес виробництва сиру	7
1.2 Застосування холодильного обладнання у процесі охолодження молочної сировини	14
РОЗДІЛ 2. ПІДБІР ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ, ДОЗРІВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ	19
2.1 Розрахунок теплообмінних апаратів та підбір обладнання	19
2.2 Розрахунок та підбір установки для камери дозрівання сиру	23
2.3 Розрахунок холодильної камери для зберігання сиру та підбір обладнання	28
2.4 Підбір допоміжного холодильного обладнання	33
2.4.1 Вентиляційне обладнання	33
2.4.2 Допоміжні холодильні агрегати	35
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	40
3.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	40
3.2 Вимоги щодо забезпечення пожежо- та вибухобезпеки	41
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45
ДОДАТКИ	46

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>Технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						1	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Сир є високоцінним харчовим продуктом, що містить велика кількість повноцінних легкозасвоюваних білків, молочного жиру, різних солей та вітамінів. У процесі виробництва сиру у великих масштабах на промислових підприємствах необхідна велика кількість обладнання на всіх етапах його виробництва. Кожен елемент на лінії виробництва сиру має безліч вимог і має відповідати всім характеристикам і всім тонкощам у такому делікатному процесі, як виготовлення сиру. Починаючи з первинної обробки молока і закінчуючи транспортуванням та зберіганням готового продукту до його кінцевого попадання до споживача. Тривалість та режими технологічних операцій, у виробництві сиру, можуть бути різними та майже в усіх необхідне використання холодильних установок. Холодильні установки у виробництві сиру та інших молочних продуктів, можуть бути, як допоміжним, а на деяких етапах самостійним обладнанням виробничого процесу.

**Мета та задачі дослідження.** Метою бакалаврської роботи є технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості.

**Практична та наукова новизна.** У роботі підбрано холодильне обладнання для підприємства молочної промисловості, а саме для охолодження молочної сировини, дозрівання та зберігання. На основі розрахунків теплообмінних апаратів обрано теплообмінник пластинчастий розбірний П13-43 для молока поверхнею теплообміну  $5,34 \text{ м}^2$ ; для охолодження розсолу було підбрано теплообмінник пластинчастий розбірний П28-25 з поверхнею теплообміну  $6,35 \text{ м}^2$ . Для цих умов теплообміну здійснено підбір чіллера марки Dantex, модель чіллера підбрана DN-TS430BUSOHF із холодопродуктивністю  $131,97 \text{ кВт}$  та витратою холодоносія  $66,9 \text{ м}^3/\text{год}$ , вбудованим гідромодулем та системою FREECOLING. Прийнято систему холодопостачання вентиляційних та теплообмінних апаратів, а також схема холодильної установки, використовуваний холодильний агент – фреон R410a.

Головним холодильним агрегатом виробництва сиру є система камери дозрівання сиру. Щоб не встановлювати безліч внутрішніх блоків повітроохолоджувачів, обрано моноблочне встановлення центрального кондиціонера системи П1 установка Airmate-2000-У3 із системою розподілу повітря, при допомозі щілинних ґрат. Для холодильної камери зберігання сиру була обрана установка зі спліт-системним виконанням марки Polair по модельному ряду – система типу SM-342S (SM-342SF) з максимальним електроспоживанням  $3,6 \text{ кВт}$  та необхідною холодопродуктивністю  $4 \text{ кВт}$  за встановленої температури камери характеристиками конденсатора по поверхні теплообміну  $19,5 \text{ м}^2$ . Ця система також підходить для характеристик випарника з площею теплообміну випарника  $17,8 \text{ м}^2$ .

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>Технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						<i>1</i>	<i>52</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

## 1.1 Технологічний процес виробництва сиру

Для виробництва сиру в основному використовується молоко першого та другого гатунку. Молоко першого гатунку, що надходить на завод, самовсмоктувальним насосом через фільтр, повітровідділювач та лічильник подають у проміжний резервуар зберігання. Молоко другого сорту підігрівається до температури 35 – 40°C та очищується на сепараторі-молокоочиснику з метою видалення механічних домішок.

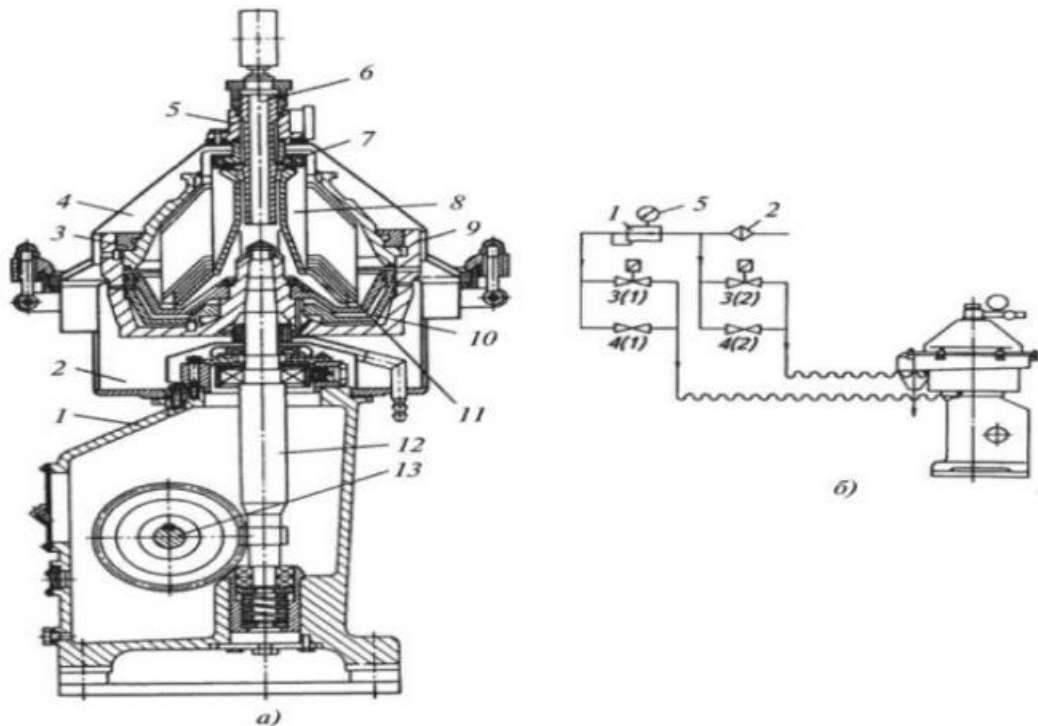


Рисунок 1.1 – Схема сепаратора-молокоочисника ОХО-10  
продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год

а – загальний вигляд: 7 – станина; 2 – приймач осаду; 3 – барабан; 4 – кришка сепаратора; 5 – приймально-вивідний пристрій; 6 – центральна труба; 7 – напірний диск; 8 – тарілотримач; 9 – основа; 10 – поршень; 11 – пакет тарілок; 12 – вертикальний вал; 13 – горизонтальний вал

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.					Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цвіркун				12	52
Н. Контр.		Омельченко			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.		Омельченко					
<b>Технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості</b>							

б – схема підключення гідросистеми: 1 – редукційний клапан; 2 – фільтр; 3(1), 3(2) – електромагнітні клапани, 4(1), 4(2) – вентилі; 5 – манометр.

Сепаратор – молокоочисник для обробки молока складається з приводу, барабана, приймача осаду з гідровузлом, кришки, приймально вивідного пристрою. Привід служить для передачі обертання від електродвигуна до барабана і складається з горизонтальних та вертикальних валів. На горизонтальний вал наживлено бандаж, зубчасте колесо.

Обертання від електродвигуна плавно передається, за допомогою фрикційної муфти, горизонтальному валу і через зубчасту передачу вертикальному валу. У барабані, що складається з основи, поршня, тарілотримача з комплексом тарілок та кришки, молоко очищається від механічних домішок.

Молоко піддають пастеризації для знищення шкідливої патогенної мікрофлори, вірусів та бактеріофагів. Найбільш найкращий режим пастеризації молока є нагрівання до температури від 70 до 72 °С та витримкою від 20-25 секунд. При виробництві сиру температура пастеризації повинна бути не вищою за 72 °С.

Після пастеризації молоко охолоджують до температури згортання 32-34°С. Для процесу пастеризації використовується пластинчасту пастеризаційно-охолоджувальну установку (ППОУ), яка необхідна для пастеризації та охолодження молока в безперервному тонкошаровому закритому потоці за допомогою систем автоматичного контролю та регулювання технологічного процесу.

Процес пастеризації починається не в ППОУ, а відразу після резервуарів зберігання підготовленого сиропридатного молока. Після резервуару молоко потрапляє в зрівняльний бак, який нормалізує потік, для запобігання кавітації молока, захисту циркуляційних насосів та запобігання попаданню не до кінця підготовленого молока в пастеризатор, за допомогою спрацьовування клапана та відправлення непідготовленого потоку назад у резервуар. В якому проводиться повторна підготовка та уточнення всіх параметрів молока, для його подальшої обробки.

Потім сиропридатне молоко потрапляє у сепаратор – нормалізатор через трубу, що подає, трубопровід I. У барабані відбувається поділ молока на знежирене молоко та вершки. Знежирене молоко виходить із сепаратора по трубопроводу II, вершки виходять із сепаратора по трубопроводу III. Регулювання жирності проводять за допомогою гвинтів регуляторів на виході вершків та знежиреного молока В та А. Потім частина вершків спускають трубопроводом IV в трубопровід знежиреного молока II. Виходить нормалізоване молоко. Нормалізоване молоко виходить із сепаратора через вихід нормалізованого молока. Дисковий затвор V знаходиться у відкритому стані. Частина вершків відводиться через трубопровід VII із сепаратора. Дисковий затвор VI відкрито. Кількість відведених вершків регулюється за допомогою гвинта регулятора К. Після цього вершки відправляються в резервуар, а нормалізоване молоко йде далі за схемою до ППОУ.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



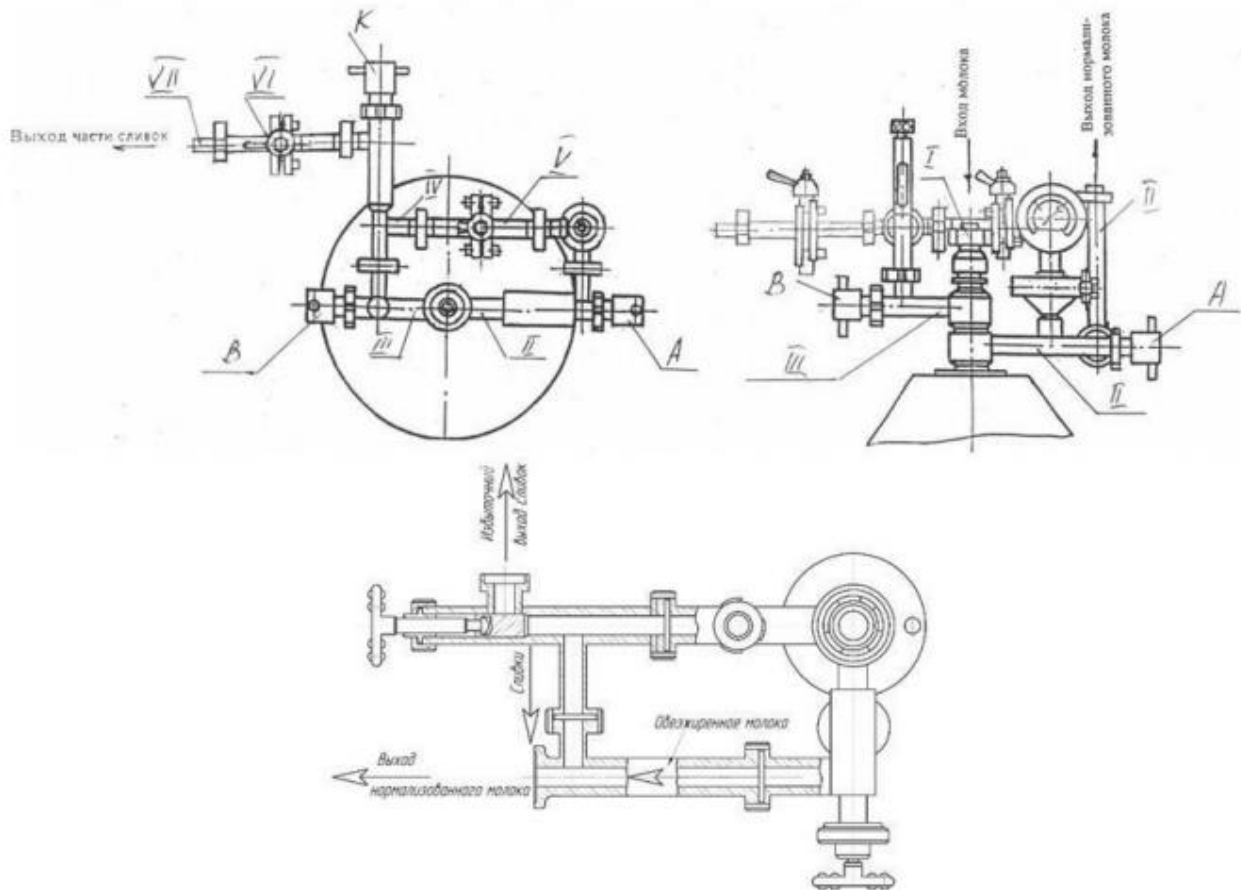


Рисунок 1.2 – Принципова схема сепаратора – нормалізатора РЗ-ОЦТ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год



Рисунок 1.3 –Пластиначаста пастеризаційно-охолоджувальна установка А1-ОКЛ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год (ППОУ)

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Надалі сировиготовлювач наповнюють молоком і доводять його температуру до температури сквашування. Потім здійснюється згортання молока за допомогою сичужного ферменту. Для різних типів сирів існує різні режими підігріву та охолодження згустку та його вимішування в залежності від технологічних інструкцій. Дотримуючись технологічних параметрам, пара подається в «сорочку» та встановлюється режим роботи мішалок. За готовністю сирного згустку сироватка відбирається через відбірник, а готове сирне зерно через кран насосом прямує на подальшу обробку.

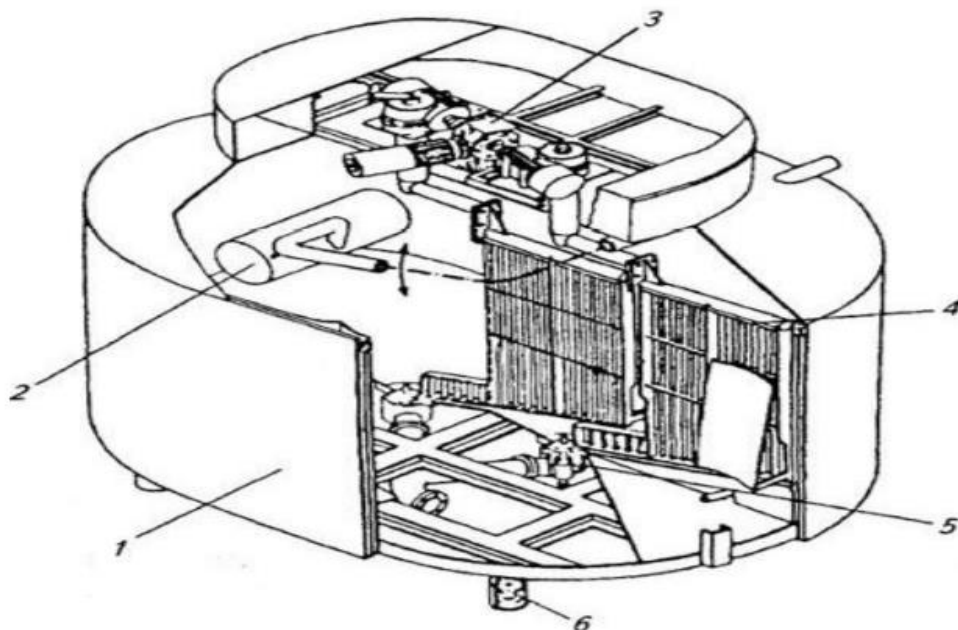


Рисунок 1.4 – Сировиготовлювач закритого типу вертикальної орієнтації ЩСЗ-18 продуктивністю 1,8 м<sup>3</sup>/год

На рис. 1.4 зображено: 1 – корпус; 2 – відбірник-фільтр; 3 – привід; 4 – ріжуче-вимішуючий інструмент; 5 – зливальний патрубок; 6 – опора.

Подальша обробка сирного зерна складається із відділення залишку сироватки у необхідному обсязі. Для правильного співвідношення пропорцій чистого сухого зерна та вологовмісту сироватки для гарного формування та отримання якісного продукту у ряді виробництва стоїть відділ сироватки.

Сироватковідділювач складається з каркаса, барабана, ємності для збору сироватки, електродвигуна для обертання приводу барабана, насоса для перекачування сироватки в приймальну частину та комплексу автоматичного керування.

Барабан, як основний елемент конструкції відділу сироватки, являє собою похилий перфорований циліндр, виконаний з нержавіючої сталі. В який по трубопроводу за допомогою насоса потрапляє сирний згусток для обробки та отримання зерна певної вологості і вмісту необхідних елементів живлення. При обертанні барабана сирне зерно перекочується по його поверхні та зайва сироватка стікає через перфоровані отвори в циліндрі барабана і додається до сироватки, що відведена при утворенні згустку.

Зневоднене у необхідних пропорціях зерно надходить у наступний розділ – розділ формування.

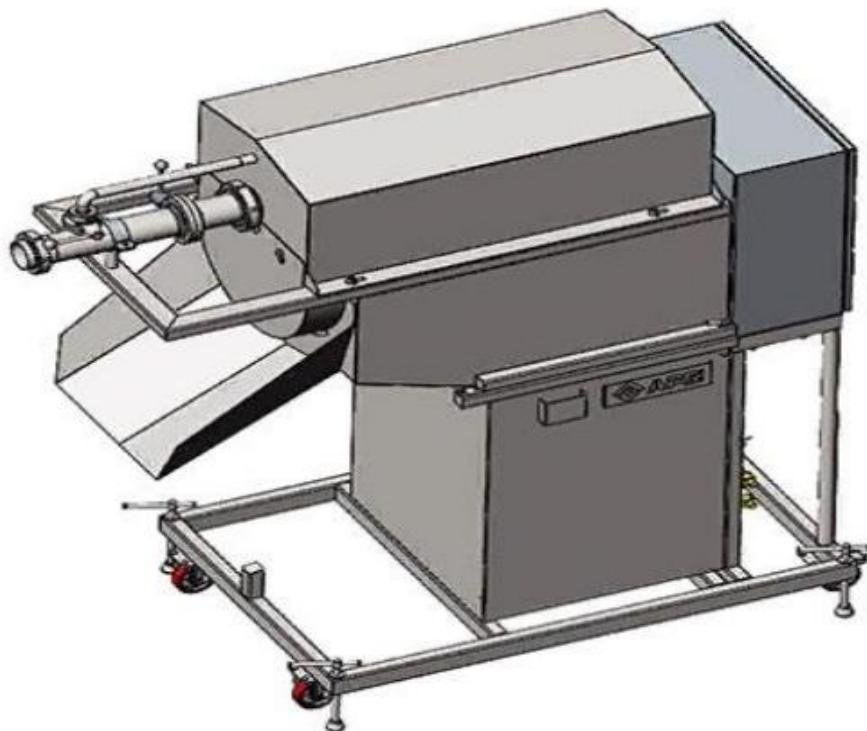


Рисунок 1.5 – Барабанный сироватковідділювач

Повністю підготовлений потік потрапляє на стіл формування, де розподіляється за формами, залежно від розміру та технології, а також самопереваг замовника. Формування сиру проводять дуже швидко, не допускаючи охолодження теплої сирної маси. Температура у формувальному цеху має бути 16-18<sup>0</sup>С. Після формування головок сиру відбувається процес самопресування.

Тривалість самопресування (перетримка сиру у формах) 20-60 хвилин. Скоротити час самопресування не можна, оскільки можна осушити поверхню, а всередині форми залишиться сироватка, що приведе до нерівномірного розподілу речовин та руйнування при пресуванні в місцях скупчення сироватки.

Також під час самопресування продовжується розвиток кисломолочних процесів у сирній масі та подальше її зневоднення. Весь цей етап служить для підготовки сиру до пресування та отримання сформованої голівки сиру.

Пресування – це процес повного видалення із сиру залишків міжзернової сироватки та отримання щільної поверхні шару і добре замкнутої форми. Перед пресуванням самопресований сир маркується, щоб сформувати партію сиру (зазвичай сири з одного потоку). Потім маркований сир надходить у пресустановку з вертикальним або горизонтальним пневматичним пресом, де пресується при певних умовах [2].

Готовий сир після дозрівання в камері потрапляє до відділу підготовки до продажу для надсилання покупцю. Цей етап включає:

1. Миття
2. Сушіння
3. Парафінізація.

1. За час дозрівання сир періодично миють водою (18-20°C). Мийка – трудомісткий процес, який проводять вручну або в мийних машини в умовах промислового виробництва.

Мийна машина барабанного типу – це прямокутна ванна у якій встановлено два щіткові барабани, які обертаються назустріч один одному. Барабани складаються з щіток різних діаметрів (до 200 мм). Ворс щіток виготовлений з пропілену діаметром 0,6 мм або капронової рибальської волосіні діаметром 0,4 - 0,7 мм. Щітки обертаються із частотою близько 2,5 об/хв.

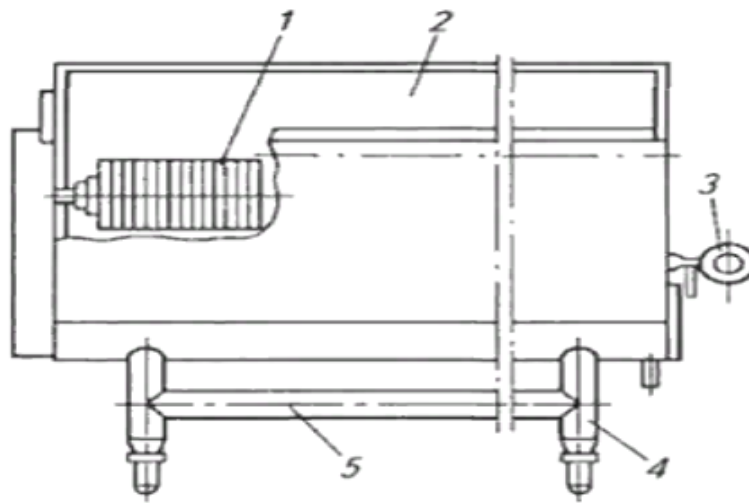


Рисунок 1.6 – Мийна машина барабанного типу

На рис. 1.6 зображено: 1 – щіткові барабани; 2 – ванна; 3 – паровий змішувач; 4 – опорні ніжки; 5 – рама.

2. У промисловості під час виробництва сиру передбачається апарат для обсушування сиру, в технологічній схемі, що знаходиться відразу після мийної машини, щоб обсушити головки сиру та підготувати їх до парафінізації, тобто, до нанесення захисного покривного шару.

Машина для обсушування сирів з електрокалорифером, найчастіше використовується на виробництвах. Вона складається з:

- камери сушіння;
- калорифера;
- вентилятора;
- конвеєра крокового рейкового типу.

З поздовжнього боку камери вставлені легкоз'ємні щити та закріплені сталеві листи.

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

Повітря для обсушування надходить з електрокалорифера та подається на головки за допомогою вентилятора. В нижній частині калориферно-вентиляторної установки розташовані жалюзі, для регулювання витрати та напрямку потоку. Конвеєр просуває сирні голівки машиною. Повітря, яке віддало тепло, через викид виводиться в атмосферу.

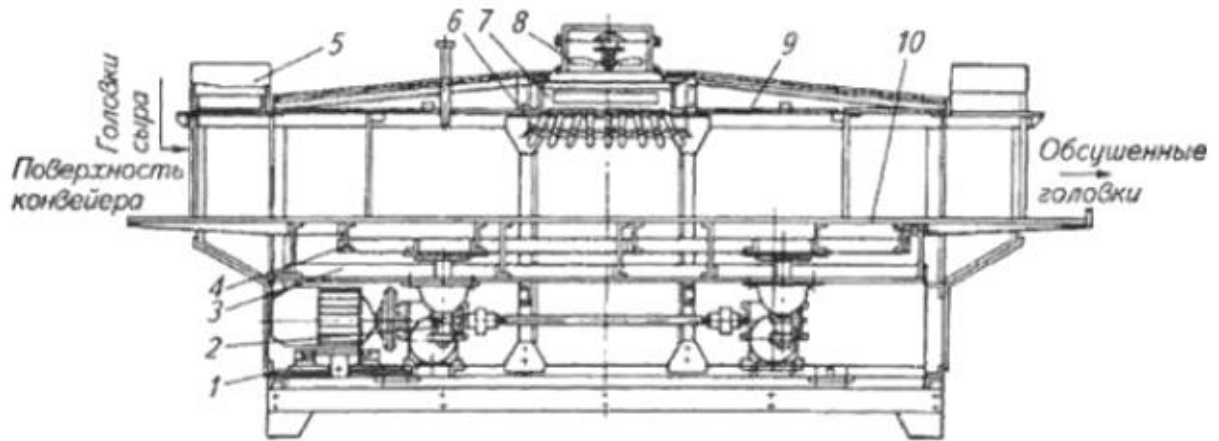


Рисунок 1.7 – Машина для обсушування сирів з електрокалорифером

На рис. 1.7 зображено: 1 – каркас; 2 – кронштейн рухомої рами; 3, 4 – відповідно нерухома та рухома рами; 5 – викид для відпрацьованого повітря; 6 – жалюзі калориферу; 7 – калорифер; 8 – вентилятор; 9 – кожух; 10 – конвеєр для сиру.

3. Пристрій для нанесення на сири захисного покривного шару призначений для запобігання пересушуванню, цвілеутворенню та забрудненню поверхні сиру називаються парафінером. Принцип дії полягає у зануренні голівки сиру на 1-2 сек. у нагрітий до 150-160°C парафіновий розплав, що знаходиться в спеціальній ванні.

Для вищеописаної операції, яка завершує технологічний процес, використовують машину, яка заснована на напівавтоматичному принципі дії. Карусельний парафінер працює наступним чином: оператор кладе сир на відведений у крайнє верхнє положення тримач, карусель повертається і під час її простою пневмоциліндр занурює тримач із голівкою в розплавлений парафін.

Інші тримачі, крім робочого, знаходяться у верхньому положенні. При зворотному ході пневмоциліндра тримач із сиром піднімається з розплаву і карусель повертається на 60°. За повний цикл каруселі (360°) парафін остигає та формує захисний шар покриття. Потім пройшовши цикл, оператор знімає оброблений сир і на його місце укладається новий.

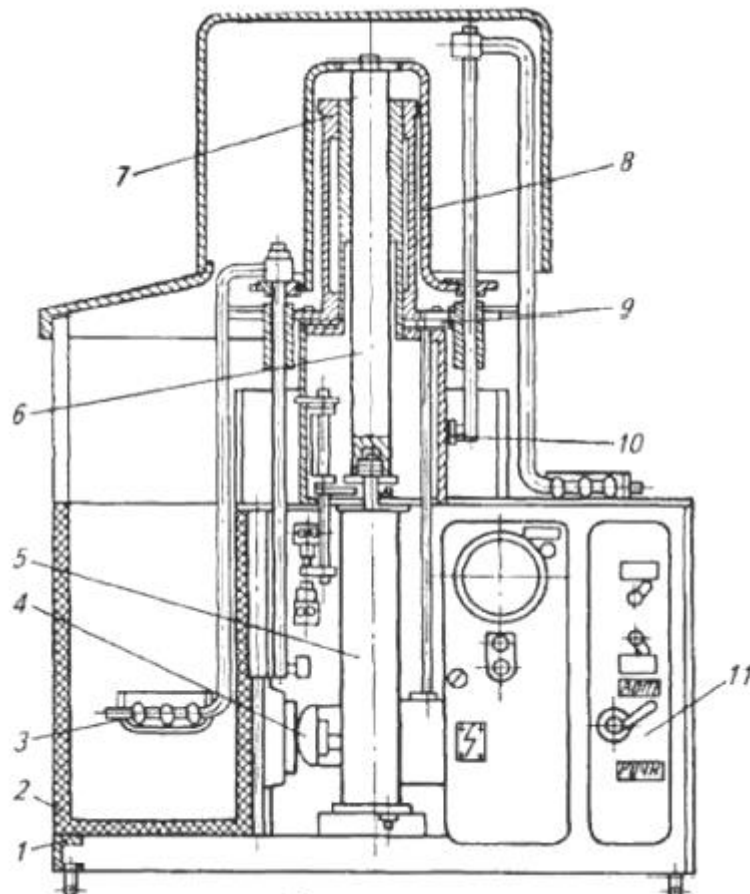


Рисунок 1.8 – Карусельний парафінер

На рис. 1.8 зображено: 1 – рама з опорами; 2 – ванна; 3 – тримач для сиру; 4 – механізм кругового руху тримача; 5 – вертикальний пневмоциліндр; 6 – шток пневмоциліндра; 7 – напрямна тримачів; 8 – підйомник тримачів; 9 – циліндрична шестерня; 10 – повідець; 11 – шафа управління.

## 1.2 Застосування холодильного обладнання у процесі охолодження молочної сировини

Тривалість та режими технологічних операцій можуть бути різними та майже у всіх них необхідне використання холодильних установок у тому чи іншому вигляді. Холодильні установки у виробництві сиру та у інших молочних продуктах можуть бути як допоміжні, а на деяких етапах будуть самостійними членами виробничого процесу.

Різні сири при їх виробництві мають різні показники температури та і інші параметри майже на всіх етапах технологічного процесу, але в цілому загальні діапазони значень коливаються в порівнянних межах. Тому більшість обладнання універсалізована та має відмінність тільки в обсягах резервуарів, площ холодильних камер і в кінцевому технічному та технологічному виконанні плану виробничого процесу.

Перший етап появи холоду у виробничому процесі створення сиру починається у момент приймання молока. Привезене в автоцистерні молоко з ферми, де воно було охолоджене до  $+10^{\circ}\text{C}$  та в процесі доставки підтримувало

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

цю температуру, надходить на проєктований завод з виробництва сиру та за допомогою насоса закачується у резервуари.

Резервуар-охолоджувач молока – це стаціонарний охолоджувач молока, який містить у собі фреонову холодильну машину, проміжний холодоносій та теплообмінник, змонтований у молочний резервуар. Охолодження в ньому зазвичай відбувається від температури очищеного молока  $+35^{\circ}\text{C}$  і до температури його охолодженого зберігання  $+4-5^{\circ}\text{C}$ , але оскільки у схему попередньо включений теплообмінник з підготовленою охолодженою водою холодильної установки, яка знімає більшу частину теплоти з молока, то даній установці доведеться охолоджувати молоко від температури всього  $+12-15^{\circ}\text{C}$ . Це дозволяє використовувати холодильний апарат зниженої потужності та зменшувати витрати на електроенергію, в порівнянні з іншими схемами, при охолодженні одного і того ж обсягу молока у разі проєктованого виробництва –  $40\text{ м}^3$  молока, що завозиться.



Рисунок 1.9 – Комбінована схема охолодження молока в резервуарі охолоджувача з попереднім теплообмінником

На рис. 1.9 зображено: 1 – теплообмінник ХМ, 2 – резервуар-охолоджувач, 3 – циркуляційний насос, 4 – резервуар-термос.

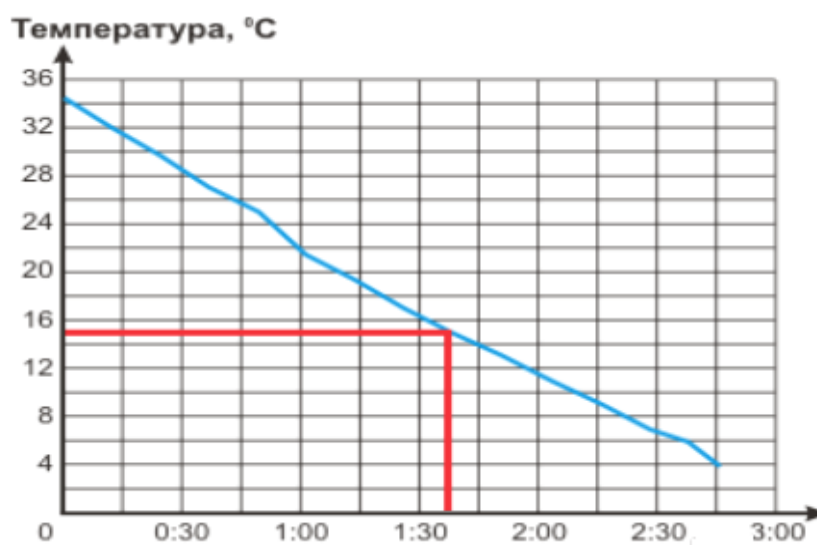


Рисунок 1.10 – Швидкість охолодження молока у резервуарі ТОМ-2А

Ця схема показує швидкість охолодження в апараті (синя лінія), але у свою чергу червона лінія показує точку початку охолодження, якщо попередньо включити в неї теплообмінник з холодною водою, підготовленою у ХМ.

Сам апарат ТОМ-2А є самостійною установкою, але в моєму проектному рішенні є лише доохолоджувачем молока. Корпус агрегату є основним елементом акумуляції холоду в який вмонтовано панельний випарник. По суті, який представляє собою локальну чілерну установку для охолодження молока. Зовні корпус виконаний із спеціального ізольованого матеріалу та оброблений декоративним пластиком. У корпусі встановлені молочна ванна та система зрошення. Молоко через фільтр 9 надходить у ванну з молоком, яка охолоджується під час роботи системи зрошення. Охолоджувальна вода з корпусу резервуара подається насосом 1 через фільтр 2 в систему зрошення. Через отвори у трубах вода надходить на задню поверхню ванни, охолоджуючи її стінки та днище. Відпрацьована вода стікає у внутрішню ванну. Внутрішня ванна – акумулятор холоду.

Вода, яка проходить по замороженому на панелях випарника льоду, знову охолоджується і надходить у корпус охолоджувача та подається насосом повторно. Днище ємності, що охолоджується, має спеціальний ухил до крану 10 для зливу молока. Параметри молока в установці підтримуються автоматично, залежно від режиму, інтенсивності охолодження та початкових властивостей.

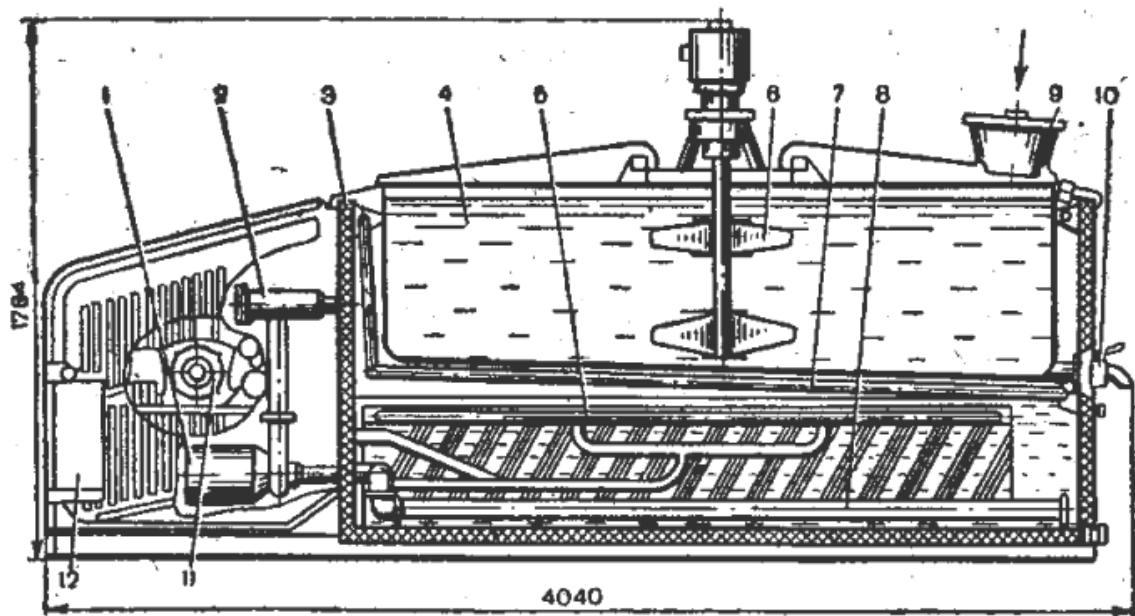


Рисунок 1.11 – Резервуар-охолоджувач молока ТОМ – 2А

На рис. 1.11 зображено: 1 – водяний насос, 2 – фільтр, 3 – ізоляція, 4 – молочна ванна, 5 – випарник, 6 – мішалка, 7 та 8 – система зрошення, 9 – кришка-фільтр для молока, 10 – зливний кран, 11 – компресор, 12 – шафа керування.



Дана система служить не тільки для охолодження молока та відправки його на зберігання та використання при необхідності, на це йде лише частина молока. Решта очищеного молока проходить у подальшу обробку – дозрівання/резервування, згідно технологічної схеми. Таким чином, однією установкою (одним технічним рішенням) здійснюється організація холоду відразу в кількох процесах.

Надалі на наступних етапах виробництва, до певного часу, застосування спеціальних холодильних установок не задіяно. Але процес виробництва сиру це безперервний рух за технологічною системою та застосування холоду все одно потрібне, але у іншому відділі.

Поки молоко проходить пастеризацію/нормалізацію і сирний згусток утворюється в сировиробнику, відбувається процес підготовки розсолу. Розсіл заготовлюється у спеціальному цеху. Технологи насичують очищену воду сіллю у певних, для кожного типу сиру, пропорціях та нагрівають її до порядку  $+80\pm 5^{\circ}\text{C}$  та витримують там деякий час. Потім необхідне увімкнення холодильного обладнання для його охолодження до  $+10\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Для цього процесу застосовується теплообмінник, який з'єднаний з чілером, працюючим на два теплообмінники-охолоджувачі, підібраний під навантаження охолодження молока та розсолу. Потім охолоджений розсіл надходить у розсільну ванну з вбудованим охолоджувачем, де за необхідністю технологічного процесу є можливість доохолодження розсолу до  $+6\div 7^{\circ}\text{C}$ .

Для даних етапів виробництва, обране холодильне обладнання (чілер) виступає, як допоміжне, тобто здійснює процес підготовки сировини, рідини та подачу холоду на інші установки холодопостачання об'єкта для безперервного виробничого процесу.

Чілер – це холодильна машина, яка призначена для охолодження рідини. Найпоширенішими видами таких агрегатів є парокompресійні холодильні машини. Чілер такого типу завжди включає в себе такі основні елементи, як компресор, випарник, конденсатор та розширювальний пристрій.

Принцип роботи такої системи полягає у кругообігу теплової енергії, за рахунок зміни агрегатного стану холодоагенту при дії на нього тиску. Найбільш важливим елементом, від якого насамперед залежить робота чілера, є компресор.

Головне завдання компресора стискати пари холодоагенту, при цьому підвищується його тиск, щоб розпочався процес конденсації. Далі гаряча парорідинна суміш високого тиску потрапляє в конденсатор (попередньо на об'єкті вибране повітряне охолодження конденсатора), який викидає теплову енергію в навколишню середу. У процесі конденсації холодоагент повністю переходить у рідкий стан, після чого він потрапляє на розширювальний пристрій (дросель), який розташований перед випарником та знижує тиск настільки, щоб холодоагент почав кипіти. Після, при проході через випарник, киплячий холодоагент повністю переходить у газоподібний стан і поглинає теплову енергію з теплоносія, тим самим знижуючи його температуру.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

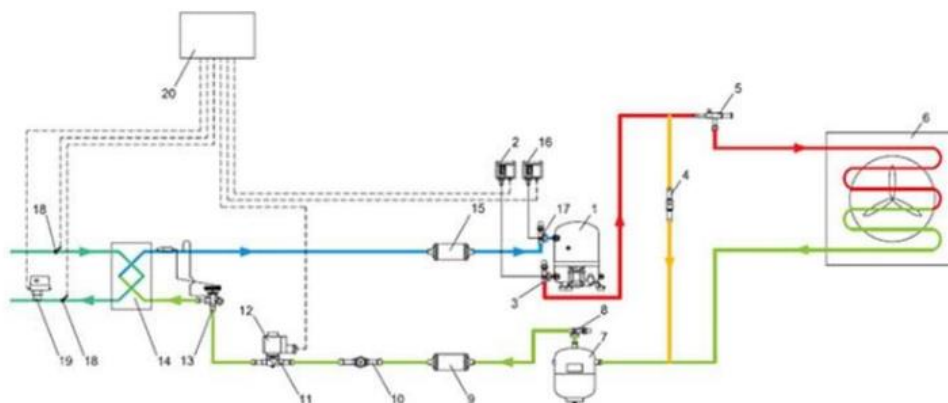


Рисунок 1.12 – Принципова схема чілера з конденсатором повітряного охолодження

На рис. 1.12 зображено: 1 – компресор, 2 – реле високого тиску, 3 – клапан запірний, 4 – клапан диференціальний, 5 – регулятор тиску конденсації, 6 – конденсатор повітряного охолодження, 7 – ресивер, 8 – клапан запірний, 9 – фільтр-осушувач, 10 – оглядове скло, 11 – клапан соленоїдний, 12 – котушка для соленоїдного клапана, 13 – вентиль терморегулюючий, 14 – випарник, 15 – фільтр-осушувач, 16 – реле низького тиску, 17 – клапан запірний, 18 – датчик температури, 19 – реле протоки рідини, 20 – щит управління.

У розсольному цеху, крім холодильного обладнання для охолодження розсолу, не менш важливу роль відіграє мікроклімат. В даному приміщенні необхідно підтримувати параметри  $+12^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 80\%$ .

Подібні параметри мікроклімату використовуються в камерах дозрівання сиру  $+10\div 12^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 70\div 90\%$ , і отже технічні рішення для цих приміщень застосовуються подібні. Для такого технічного рішення на проектуваному об'єкті буде використовуватись центральний кондиціонер, який оснащений повітроохолоджувачем, повітронагрівачем, зволожувачем та додатковим допоміжним обладнанням для досягнення параметрів холоду та вологи. Але об'єднати дані приміщення в одну систему не можна. Оскільки є ряд нюансів, таких як:

- різні показники тепло- та вологопритоків;
- випаровування - різні охолоджуючі середовища; випаровування;
- різні площі поверхонь випаровування (вологовиділення);
- різна інтенсивність випаровування.

Для параметрів мікроклімату в цехах виробництва сиру та в деяких установках призначених для холодопідведення буде використовуватись центральний секційний кондиціонер.

Центральний секційний кондиціонер – це пристрій, який складається з різних секцій, їх число та порядок їх слідування залежить від призначення кондиціонера. Загальний корпус має алюмінієву обшивку, зсередини виконану з шару ізоляційного матеріалу для забезпечення кращих параметрів акустики та термічної ізоляції. Усі панелі виконуються знімними, а герметичні дверцята дозволяють проводити огляд внутрішніх елементів.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## РОЗДІЛ 2

### ПІДБІР ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ, ДОЗРІВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ

#### 2.1 Розрахунок теплообмінних апаратів та підбір обладнання

Одним з ключових і великих пристроїв для забезпечення підприємства холодом є система для підготовки холодоносія для охолодження молока та розсолу. Для забезпечення заводу холодом даного виду було попередньо запропоновано чілер на основі пропіленгліколю 30%, обраного як холодоносієм. Вибір такого виду холодоносія обумовлюється тим, що установка вибрана зовнішнього виконання з повітряним принципом охолодження конденсатора. При такому виконанні системи, холодильний апарат цілий рік знаходиться просто неба і переживає всі види погодних умов, і при цьому повинен безперервно виробляти холод у будь-яку погоду та не допускати перегріву в літній період та обмерзання теплообмінників у зимовий. Так як максимальна зимова температура у Дніпрі (tз.макс = -14 °С), то при такій температурі вода, яка є класичним холодоносієм чілерних установок, замерзає, тому було прийнято рішення про заміну середовища, що передає холод до споживача. Ще однією умовою вибору подібного рішення була неможливість встановлення обладнання всередині будівлі, через повну відсутність технологічно придатних приміщень для такого великого та громіздкого обладнання.

В якості споживачів холоду, для яких проводиться розрахунок і підбір чілера, виступають два теплообмінні апарати. При описаному раніше процесі виробництва сиру було обрано дві точки включення цього виду теплообмінного обладнання. Для попередньої оцінки потужності ХМ необхідно, знаючи температурний баланс і витрату пропущеного охолоджуваного носія по виробничій схемі, розрахувати поверхні теплообміну та навантаження на охолоджувач, щоб задати необхідну холодопродуктивність ХМ.

Підбір теплообмінних апаратів для підприємств молочної промисловості необхідно здійснювати дуже ретельно, так як не можна допускати витоків, окислення матеріалів та інших несприятливих для виробничого середовища виділень. Також потрібна наявність стерильних матеріалів внутрішніх стін де безпосередньо відбувається торкання охолоджуваного продукту.

Підбором спеціальних матеріалів для забезпечення вищезазначених параметрів займаються спеціалісти. Завданнями ж даної роботи є забезпечення необхідного підведення холодоносія для забезпечення оптимальних параметрів теплообміну, щоб забезпечити безперервність виробничого процесу на об'єкті, що розробляється.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>Технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						21	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>			
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

Для холодопостачання потрібних точок для відведення теплоти і отримання від теплообмінних апаратів необхідного результату на виході задаємося вихідними параметрами, спираючись на недопущення уповільнення або навіть переривання виробничого процесу, задаємося витратами охолоджуваного середовища  $\Delta t$  на вході та виході з теплообмінного апарату.

Таблиця 2.1 – Характеристики середовищ та необхідних параметрів теплообміну

Середовище	t на вході	t на виході	Витрати	Теплоємність	Теплопровідність	Щільність
	°C	°C	м3/ч	кДж/кг*°C	Вт/м*°C	кг/м3
Молоко	35	15	10000	3,906	0,546	1023
Рассол	80	10	1800	3,25	0,6	1205
Пропиленг ликоль 30%	5	10	-	3,85	0,436	1032

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

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

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

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

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}$  – температури на вході, виході з теплообмінника.

Розрахуємо теплову потужність для теплообміну молока кВт:

$$Q = 10000 \cdot 3,906 \cdot \frac{(35 - 15)}{3600} = 221,99 \text{ кВт}$$

Розрахуємо теплову потужність для теплообміну розсолу кВт:

$$Q = 1800 \cdot 3,25 \cdot \frac{(80 - 10)}{3600} = 113,75 \text{ кВт}$$

Визначимо сумарну теплову потужність чілера, кВт:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 = 221,99 + 113,75 = 335,74$$

Отримавши значення теплової потужності, зробимо розрахунок поверхні теплообміну:

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

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

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

Розрахуємо площу поверхні для охолодження молока:

$$F_{\text{то}} = \frac{221990}{2538 \cdot (35 - 15)} = 4,37 \text{ м}^2$$

Розрахуємо площу поверхні для охолодження розсолу:

$$F_{\text{то}} = \frac{113750}{1448 \cdot (80 - 10)} = 2,2 \text{ м}^2$$

На основі розрахованої потужності теплообмінників складемо баланс теплообміну при заданих температурних режимах чілера. Визначимо необхідну витрату пропіленгліколю 30% через теплообмінник для досягнення оптимальної температури на виході середовища, що охолоджується.

За умови теплового балансу середовищ, використовуючи формули розрахунку теплової потужності, отримаємо витрату холодоносія м<sup>3</sup>/год:

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

Розрахуємо витрату пропіленгліколю для теплообміну молока м<sup>3</sup>/год:

$$G_{\text{ср1}} = 221,99 \cdot \frac{3600}{3,85} \cdot (10 - 5) = 40227,91$$

Розрахуємо витрату пропіленгліколю для теплообміну розсолу м<sup>3</sup>/год:

$$G_{\text{ср2}} = 113,75 \cdot \frac{3600}{3,85} \cdot (10 - 5) = 24838,79$$

Визначимо сумарну витрату холодоносія через теплообмінник чілера м<sup>3</sup>/год:

$$\Sigma G = G_{\text{ср1}} + G_{\text{ср2}} = 40227,91 + 24838,79 = 65066,7$$

Спираючись на розрахунки та додаючи параметри зовнішнього повітря та тонкощі теплопровідностей середовищ, складемо розрахункові вихідні параметри для вибору чілерної установки.

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

Таблиця 2.2 – Показники вихідних властивостей підбору чіллера

Середовище	t на вхіді	t на виході	Витрати	Потужність	Теплоємність	Температура навк. серед.
	°C	°C	м3/ч	кВт	кДж/кг*°C	°C
Пропиленгликоль 30%	5	10	65000	360	3,85	35

Ці параметри вибрані без урахування запасу на втрати холодової потужності компресора та витрати холодоносія. Під необхідні параметри споживачів було підібрано теплообмінник пластинчастий розбірний П13-43 для молока поверхнею теплообміну 5,34 м<sup>2</sup>. Для охолодження розсолу було підібрано теплообмінник пластинчастий розбірний П28-25 з поверхнею теплообміну 6,35 м<sup>2</sup>.

Для цих умов теплообміну, витрати середовищ та параметрів, описаних у таблиці 2.2, здійснюємо підбір чіллера марки Dantex. Підходяща модель чіллера підібрана DN-TS430BUSOHF із заявленою холодопродуктивністю 131,97 кВт та витратою холодоносія 66,9 м<sup>3</sup>/год, вбудованим гідромодулем та системою FREECOLING.



Рисунок 2.1 – Чілер DN TS430BUSOHF

Серія.....DN-TS320-1250BUSOHF  
 Розмір .....4230x2350x2150 мм  
 Вага.....2600 кг  
 Рівень шуму.....84,6 дБ  
 Тип холодоагенту.....R410a  
 Потужність вентиляторів.....9,05 Вт  
 Продуктивність у режимі охолодження .....398,95 кВт

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Електроживлення .....380~415-50-3 В/Гц/Ф  
 Кількість контурів циркуляції холодоагенту.....2  
 Потужність (охолодження) .....131,97 кВт  
 Тип компресора.....спіральний.

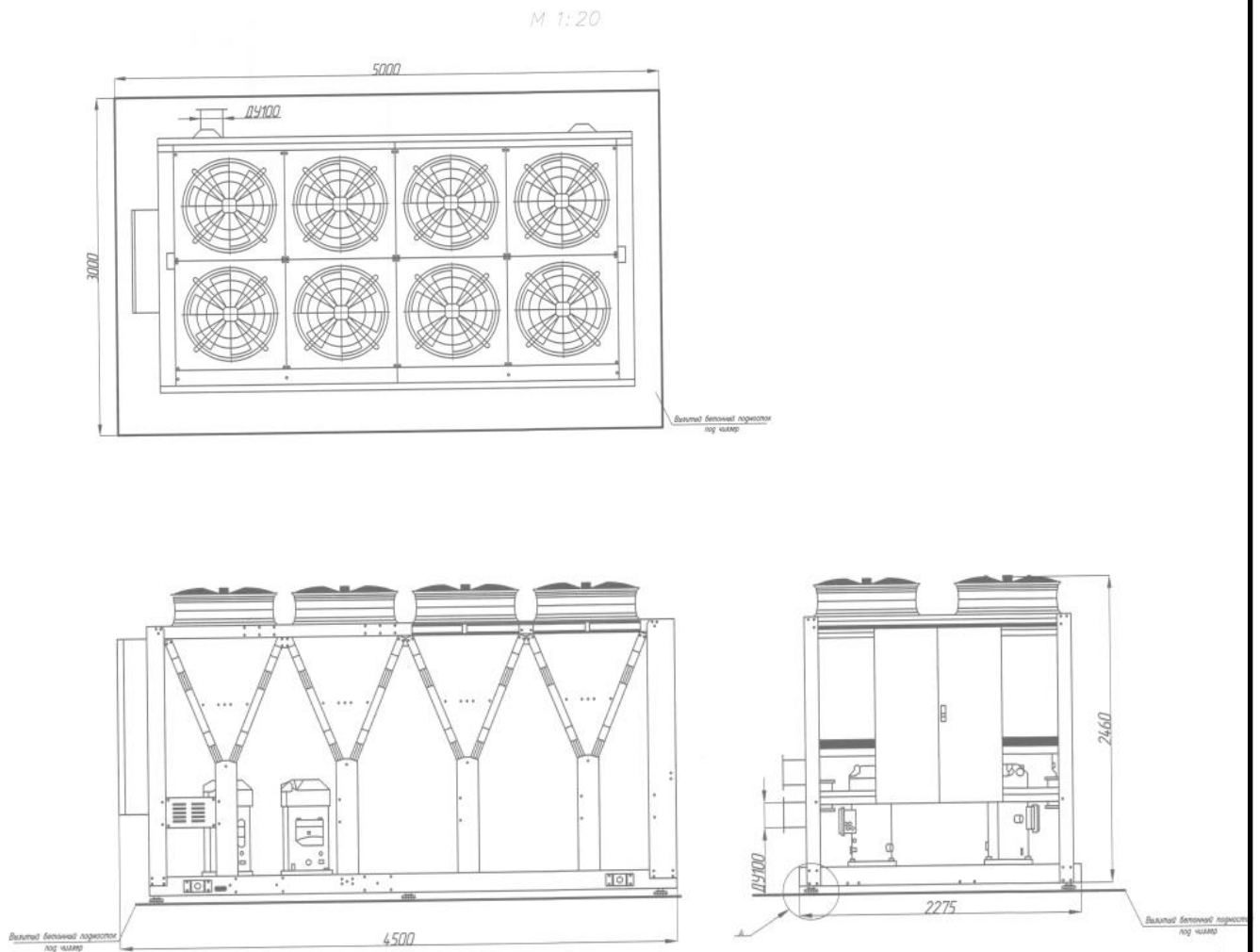


Рисунок 2.2 – Холодильна установка  $t_0 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$

## 2.2 Розрахунок та підбір установки для камери дозрівання сиру

Основним і найбільш складним у технічному та розрахунковому відношенні, але при цьому головним холодильним агрегатом виробництва сиру є система камери дозрівання сиру. Попередньо, вибором технічного виконання, передбачається центральний кондиціонер, який зможе витримувати показники  $+10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  та  $\varphi = 75 \div 90 \%$  і забезпечувати камеру необхідною витратою повітря. Як і для інших камер (камери зберігання) необхідно перед розрахунками врахувати низку параметрів (тепловологові характеристики камер). Спрощує розрахунки те, що камера знаходиться у самій середині будівлі, що знижує відсоток питомих теплоприток від огорожуючих конструкцій  $[\text{Вт}/\text{м}^2]$  приблизно в 2-3 рази, тому розрахунки теплопритоку можна скоротити та прийняти значення згідно з підрахунками фахівців.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Оскільки більша частина потужності холодильного обладнання йде на погашення тепла, що надходить від огорожуючих конструкцій, а в даному випадку їх кількість зведена до мінімуму, є можливість вибору обладнання найменшої потужності. За даної умови приймаємо, що основні надходження тепла припадають на кількість сиру в камері та його виділення у процесі дозрівання.

Основна складова вологопритоку в камери дозрівання – виділення від продукту внаслідок випаровування його із поверхні сиру. Також якщо сир надходить у камеру з температурою меншою, ніж температура точки роси повітря в камері, то спочатку створюється умова конденсації вологи на поверхні продукту. Але оскільки сир надходить у камеру після засолки та обсушування з параметрами  $+16\div 18^{\circ}\text{C}$ , даний вологоприток малоімовірний.

Камера дозрівання виконана із сендвіч-панелі з коефіцієнтом теплопередачі конструкцій, що захищають  $K_{\text{огр}} = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$  та підлоги  $K_{\text{пол}} = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ . Сир розміщений на дерев'яних піддонах у дві колони. Загальна місткість камери  $G_{\text{пр}} = 2,2 \text{ т}$  та час дозрівання 30 діб. Параметри, що підтримуються в камері для проектування приймаємо  $t=12^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi=75\%$ ;  $\omega = 0,2 \text{ м}/\text{с}$ .

Приймаємо теплоприток огорожувальної конструкції  $Q_{\text{огр}} = 0,2 \text{ кВт}$ , за умови  $K_{\text{огр}} = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$  та температури навколишнього середовища  $t=35^{\circ}\text{C}$ .

При визначенні теплоприпливу від продукту  $Q_{\text{пр}}$ , враховуючи, що температура в камері вирівнюється за 12 годин знаходимо:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}} \cdot c_{\text{пр}} \cdot \Delta t_{\text{пр}}}{t_{\text{выр}} \cdot 3600}$$

де  $c_{\text{пр}}$  – питома теплоємність сиру,  $c_{\text{пр}} = 2,43 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{\text{пр}} = \frac{2200 \cdot 2,43 \cdot (16 - 12)}{12 \cdot 3600} = 0,5 \text{ кВт}$$

Теплоприплив, зумовлений теплотою дозрівання сиру:

$$Q_{\text{созр}} = q_{\text{созр}} \cdot G_{\text{пр}} \cdot 10^{-3}$$

де  $q_{\text{дозр}}$  – питомий теплоприток теплоти дозрівання,  $q_{\text{дозр}} = 0,13 \text{ Вт}/\text{кг}$

$$Q_{\text{созр}} = 0,13 \cdot 2200 \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ кВт}$$

Загальний теплоприток:

$$\Sigma Q = 1,1 \cdot (Q_{\text{огр}} + Q_{\text{пр}} + Q_{\text{созр}}) = 1,1 \cdot (0,2 + 0,5 + 0,29) = 1,08 \text{ кВт}$$

Загальний вологоприток:

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\sum W = 1.1W_{\text{пр}}$$

де  $W_{\text{пр}}$  – вологоприток від випаровування вологи з поверхні сиру, кг/год.

$$W_{\text{пр}} = \sigma_{\text{исп}} \cdot F_{\text{уд}} \cdot G_{\text{пр}} \cdot 10^{-3}$$

$$W_{\text{пр}} = 2,5 \cdot 0,03 \cdot 2200 \cdot 10^{-3} = 0,165 \text{ кг/ч}$$

$$\sum W = 1.1 \cdot 0,165 = 0,18$$

Усихання продукту при обліку  $W_{\text{пр}}$

$$\Delta G_{\text{пр}} = W_{\text{пр}} \cdot t_{\text{созр}} = 0,18 \cdot 30 \cdot 24 = 119 \text{ кг}$$

або

$$\Delta g = \frac{\Delta G_{\text{пр}}}{G_{\text{пр}}} = \frac{119}{2200} \cdot 100\% = 5.4\%$$

Отримана усушка продукту потрапляє в допустимі межі при загальному вологопотоці рівним 0,18 кг/год і, отже, є підходящою для проекрованої установки камери дозрівання.

Об'ємна витрата повітря, яка необхідна для погашення тепло-вологопритоків, зіставляється з відповідністю заданої швидкості повітря в робочій зоні, в середньому для камер дозрівання сиру приймається  $\omega = 0,2$  м/с.

Для порівняння швидкості та об'ємної витрати треба вибрати систему повітророзподілу. Також для даних камер необхідно розробити технологічну схему потоку повітря, яка забезпечує задані параметри температури, вологості та швидкості повітря на всіх полицях для отримання хорошого результату дозрівання. Так як до систем технологічного кондиціонування пред'являють підвищені вимоги щодо рівномірності розподілу заданих параметрів повітря у робочому обсязі камери.

Найбільш рівномірні умови розподілу параметрів повітря досягаються при подачі потоку в робочу зону зворотним потоком і використанням ефекту настиляючого припливного струменя. Ця схема гарна для камер «зального» типу з висотою стель до 4 м, застосуванням сопел круглої форми, для більшої далекобійності.

В нашому випадку висота стель становить 2,5 м з максимальною висотою розміщення продукту 1,5 м. Тому для даної конструкції камери приймаємо спосіб повітророзподілу зі зворотним потоком повітря в робочу порожнину та настиляючим припливним потоком, меншою далекобійністю, що сприяє зменшенню енерговитрат. Для повітророзподільних пристроїв приймаємо щільні ґрати, які підходять під розрахункові витрати для погашення тепло - вологопритоків та попередньої швидкості припливного повітря. Для цього

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішення з запасом підходять розподільники повітря типорозміру: 40x400 мм для подачі припливного повітря пласкими струменями.

Для забезпечення заданої швидкості в робочій зоні продукту, припливне повітря, при такій системі повітророзподілу та типорозміру решітки, необхідно підтримувати в межах 1 ... 1,2 м/с, приймаємо  $\omega_{\text{ср.п}} = 1,1$  м/с.

За цих умов відрив струменя від поверхні настилу складе 1,5м. За умови, що ділянка виходу струменя з ґрат становить 1м, можна зробити висновок, що відстань 0,5м, що залишилася, цілком достатня для розподілу руху струменя у робочій зоні продукту.

На основі обраної системи повітророзподілу та заданої швидкості припливного повітря визначаємо необхідну витрату повітря, що забезпечує задані технологічні умови швидкості у робочій зоні:

$$V_{\omega} = \omega_0 \cdot b_0 \cdot l_0 \cdot n_{\text{реш}} \cdot 3600 = 1,1 \cdot 0,04 \cdot 0,4 \cdot 12 \cdot 3600 = 760 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Отримане значення  $V_{\omega}$  показує витрату повітря, необхідну для підтримування заданих умов швидкості повітря на один припливний канал, тобто, загальна витрата повітря через два канали становитиме,  $V_{\omega\text{заг}} = 1520 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Це значення перевищує показники витрати припливного повітря для тепловологості балансу камери. Тому, необхідно прийняти витрати припливного повітря не менше 1520 м<sup>3</sup>/год для забезпечення повної відповідності заданим вихідним параметрам. Оскільки установки з такою витратою виконуються тільки на замовлення, приймемо округлене в більший бік ціле значення і приймемо витрату 1600 м<sup>3</sup>/год.

Визначимо кратність повітрообміну при даній витраті:

$$n = \frac{V}{V_{\text{кам}}} = \frac{1600}{90} = 17,8 \text{ об'ємів/год}$$

Кратність повітрообміну та витрата розраховані із запасом та готові на максимальне надходження тепловлагодітоків в камеру дозрівання, які мають місце бути на першій стадії дозрівання, коли сир сирий та має найбільше значення випаровування з поверхні. Але в режимі роботи, що встановилася, теплоприплив від продукту відсутній, а вологонадходження зменшиться при вирівнюванні температури камери та продукту. Це призводить до зниження різниці парціальних тисків водяної пари, що впливає на випаровування вологи з поверхні сиру.

Крім надходження вологи знизиться і інтенсивність випаровування при вищій стадії дозрівання сиру. При цьому слідує висновок, що при розрахунках витрата повітря була завищена і порахована на максимальні значення, і при встановленому режимі є можливість зниження витрати шляхом зменшення інтенсивності вентилятора.

$$\Delta i_p = \frac{\sum Q \cdot 3600}{V \cdot \rho} = \frac{1,08 \cdot 3600}{1600 \cdot 1.248} = 1.44 \text{ кДж/кг}$$

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Звідси знаходимо дійсні показники припливного повітря:

$$i_{п} = i_{в} - \Delta i_{р} = 28,5 - 1,44 = 27,06 \text{ кДж/кг}$$

Для даної кондиційованої установки та камери в цілому необхідний блок з системою плавного регулювання витрати холоду. Це треба врахувати, так як при зміні режимів роботи камери після циклу роботи, зміниться інтенсивність витрати повітря та інші параметри.

У свою чергу, при встановленому режимі дозрівання сирів, коли температурний баланс повітря та продукту зрівняється та зменшиться тепло- та вологопритоки в камері від дозріваючого сиру, необхідно передбачити систему зволоження повітря.

Для даного виду продукту та з урахуванням його відкритого стану всередині камери звичайний парозволожувач не підійде. Оскільки він виробляє занадто багато питомої теплоти, яку потрібно відводити за допомогою холодильної установки, що підвищує навантаження на обладнання та згубно впливає на дозрівання сиру. Тому для такого виду виробництва використовують ультразвукові промислові зволожувачі повітря, що виробляють відповідний для структури сиру туман і безперебійний автоматичний режим роботи, незалежно від роботи кондиціонера.

Принцип роботи зволожувача полягає в тому, що п'єзоелектричний перетворювач, який знаходиться у воді, перетворює високочастотний електронний сигнал у механічні коливання високої частоти. При цьому швидкість коливань збільшується до такого стану, за якою частки води більше не встигають за поверхнею перетворювача, що коливається, відбувається чергування сильного стиску та вакууму, що призводить до утворення повітряних бульбашок (кавітації).

При кавітації генеруються капілярні хвилі, що утворюють дрібні краплі, які розривають поверхневий натяг води та швидко розсіюються в повітрі, приймаючи форму пари, а потім всмоктуються в повітряний потік центрального кондиціонера. В якості установки для камери дозрівання приймається холодильний апарат у вигляді вентиляційної установки. Такий тип охолоджувача було обрано, тому що в камері дозрівання необхідна рівномірна циркуляція повітря з певною швидкістю та великою кількістю точок розподілу холоду. Щоб не встановлювати безліч внутрішніх блоків повітроохолоджувачів, був зроблений вибір моноблочного встановлення центрального кондиціонера системи П1 установка Airmate-2000-У3 із системою розподілу повітря за допомогою щілинних ґрат.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

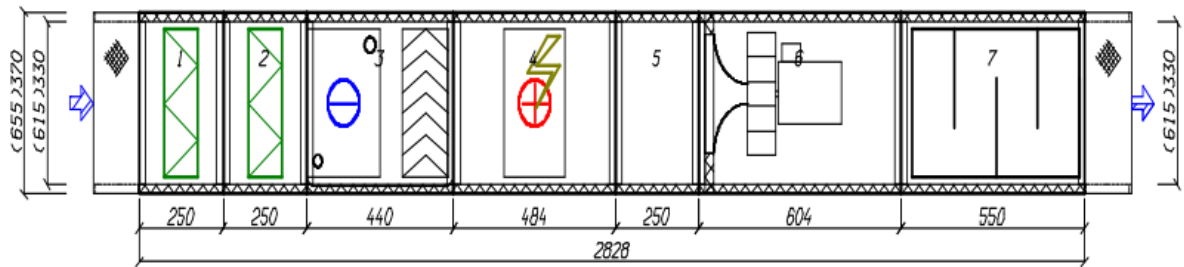


Рисунок 2.3 – Схема центрального кондиціонера для камери дозрівання сиру

### 2.3 Розрахунок холодильної камери для зберігання сиру та підбір обладнання

Проектоване виробництво не включає відділ розповсюдження (продажу) готового сиру, але камера зберігання необхідна для збільшення терміну реалізації товару для партнерів, що закупають готову продукцію у заводу виробника. І враховуючи обсяги виробництва сиру – 4400 кг/місяць та підтримувані параметри  $+6\div 8^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi=80\%$  потрібно мати камеру достатніх розмірів, обладнану холодильною машиною, яка готова впоратися з такою кількістю продукції та необхідними режимами роботи. Для цього проводяться складні математичні розрахунки, що включають безліч аспектів, які необхідно враховувати для отримання параметрів обладнання здатного впоратися із поставленим завданням.

Першими аспектами для підбору обладнання в проектованій камері, це завдання вихідних даних (розміри камери (за планом будівлі) та умови у ній). Другий момент це розрахунок ізоляції стін, підрахунок теплопритоків, які мають відвести елементи холодильної машини поверх теплопритоків від об'єму продукту при його знаходженні в камері.

*Розрахунок товщини теплоізоляції холодильної камери зберігання сиру.* Конструкції стін, підлоги та стелі, які вибрані для холодильної камери, рис. 2.3, представляють собою сендвіч-панель, так як являють собою самий бюджетний і зручний для монтажу матеріал [1, 5].

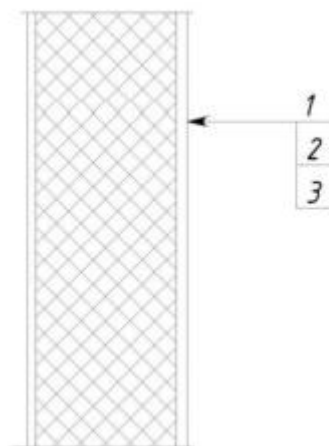


Рисунок 2.4 – Конструкція теплоізолюваної стіни

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Проведемо розрахунок мінімальної товщини теплоізоляції огорож для холодильної камери/складу зберігання сирів. Для розрахунків будемо враховувати її теплопровідність як мінімальний поріг, тобто рахувати з запасом [3, 4].

$$\delta_{из} 2 = \lambda_{из} \cdot \left[ \frac{1}{K_n} - \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \right] = 0.028 \cdot \left[ \frac{1}{0.44} - \left( \frac{1}{23.3} + \frac{0.5}{46.5} + \frac{0.5}{46.5} + \frac{1}{8} \right) \right] = 0.058 м$$

Проведемо розрахунок мінімальної товщини теплоізоляції огорож  $K_0$ :

$$K_0 2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_{оп}}{\lambda_{оп}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{23.3} + \frac{0.5}{46.5} + \frac{0.5}{46.5} + \frac{0.058}{0.028} + \frac{1}{8}} = 0.68$$

Отримані значення коефіцієнта  $K_0$  збільшимо на 10 - 20 %:

$$K_{рас} 2 = K_0 \cdot (1,1 \div 1,2) = 0.68 \cdot 1.1 = 0.748$$

Для запобігання конденсації вологи на теплій стороні стіни необхідно забезпечити умову:

$$K_{рас} 2 \leq \frac{0,95 \cdot \alpha_1 \cdot (t_{ТП} - t_p)}{(t_{ТП} - t_{кам})}$$

$$0.748 \leq \frac{0,95 \cdot 23.3 \cdot (20 - 18.5)}{(20 - (-1))} = 3.76$$

Умову дотримано і можна зробити висновок, що конденсат з теплою сторони камери накопичуватися не буде, отже, товщина ізоляції обрана правильно, навіть з урахуванням запасу на 10%, тому спираючись на цей підготовчий розрахунок можна розпочинати теплотехнічний розрахунок камер зберігання з урахуванням обраної мінімальної товщини ізоляції [3, 4].

*Теплотехнічний розрахунок камери зберігання.*

У камеру зберігання через огорожувальні конструкції проникає тепло внаслідок різниці температур з обох боків огорожі та додатково від дії сонячної радіації на зовнішні стіни та покриття. Цей розрахунок дуже важливий, тому що вносить найбільше число навантаження на обладнання, яке використовується для охолодження приміщень, а в нашому випадку температура зберігання продукту знаходиться в межах  $+6 \div 8^{\circ}C$ , що порядком нижче, ніж навіть температура приміщення і потребує точних розрахунків.

Теплопритоки розраховують для всіх огорож камери: зовнішніх стін, підлоги та покриттів.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Орієнтація з боків світла:  
– інтенсивність роботи обладнання;  
– інтенсивність виділення тепла від працівників та вид виконуваної ними роботи;  
– тепловиділення при освітленні;  
– підбір актуальних коефіцієнтів теплопровідності сучасних конструкцій, що захищають;  
– враховуючи світло та теплопровідність вікон та дверей, а також режими їх використання.

Усі елементи та характеристики розрахунку у цій програмі підходять під розрахунок теплопритоків  $Q_1$  (теплопритоки через будівельні огороження камери та експлуатаційні теплопритоки).

Крім теплопритоків від конструкцій, що захищають, не малу частину тепла, що надходить, дає сам продукт. Виділення тепла при зміні температури, вплив холоду на нагрітий продукт  $Q_2$ . Також при так званому «диханні» продукту  $Q_4$ . Оскільки сир молодий та деякі процеси дозрівання та насичення продовжуються, навіть на стадії зберігання, і це дихання сиру робить внесок у тепло, що надходить в камеру, і його треба враховувати.

Важливу роль грає швидкість повітря і кратність повітрообміну в камері, які не тільки важливо підтримувати, а й враховувати їх негативні впливи, такі як надходження стороннього тепла  $Q_3$ .

Беручи до уваги всі нюанси підготовки до теплотехнічного розрахунку можемо вивести розділи підрахунку теплопритоків за категоріями та отримати, що сумарні теплопритоки в холодильній камері мають вигляд [3, 4]:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

де  $Q_1$  – теплопритоки через будівельні огорожі камери та експлуатаційні теплопритоки, Вт;

$Q_2$  – теплопритоки під час обробки холодом, Вт;

$Q_3$  – теплопритоки від вентилявання камери, Вт;

$Q_4$  – теплопритоки від дихання продукції, Вт.

Прийmemo максимальне значення тепла, що відводиться установкою:  $Q_1 = 4,12$  кВт.

Теплопритоки при холодильній обробці  $Q_2$

$$Q_2 = Q_r + Q_m$$

$$Q_2 = 198 + 100 = 298 \text{ Вт}$$

Теплопритоки при вентиляції приміщень  $Q_3$  розраховуються за формулою:

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_3 = \mu_B \cdot (i_H - i_B)$$

де  $\mu_B$  – витрати вентиляційного повітря т/с;  
 $i_H$  – питома ентальпія зовнішнього повітря, Дж/кг;  
 $i_B$  – питома ентальпія повітря у камері, Дж/кг.

Теплопритоки при вентиляції приміщень:

$$Q_3 = 0,0076 \cdot (75,7 - 36,7) \cdot 1000 = 296,4 \text{ Вт}$$

Теплопритоки при диханні сиру  $Q_4$ , Вт, визначаємо за формулою:

$$Q_4 = E_K \cdot (0,1 \cdot q_n + 0,9 \cdot q_{xp})$$

де  $E$  – ємність камери, т;  
 $q_n$  – тепловиділення при температурі надходження, (126-235 Вт/т);  
 $q_{xp}$  – тепловиділення при температурі зберігання, (12-27 Вт/т).

$$Q_4 = 2,2 \cdot (0,1 \cdot 235 + 0,9 \cdot 27) = 105,2 \text{ Вт}$$

Визначаємо навантаження на камерне обладнання та компресорно-конденсаторний блок. Навантаження на камерне обладнання визначається як сума всіх теплопритоків, що надходять у камеру.

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 4120 + 298 + 296,4 + 105,2 = 4899,6 \approx 4900 \text{ Вт}$$

Навантаження на компресор  $Q_0$ , Вт, визначаємо за формулою:

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

де  $\varphi$  – коефіцієнт витоку холоду.

$$Q_0 = \frac{4900}{0,9} = 5444,4 \text{ Вт}$$

Попереднім технічним рішенням, щодо холодильного агрегату, була обрана установка зі спліт-системним виконанням марки Polair по модельному ряду – система типу SM-342S (SM-342SF) з максимальним електроспоживанням 3,6 кВт та необхідною холодопродуктивністю 4кВт за встановленої температури камери з характеристиками конденсатора по поверхні теплообміну 19,5 м<sup>2</sup>. Ця система також підходить для характеристик випарника, площа теплообміну випарника 17,8 м<sup>2</sup>, рис. 2.5.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – Холодильна спліт-система SM-342S (SM-342SF)

Тип.....	Спліт – система
Марка.....	Polair
Температурний режим.....	Середньо температурний
Електроживлення в мережі.....	3 фази/380В/50 Гц
Максимальне енергоспоживання, кВт.....	3,6
Крок ребра повітроохолоджувача, мм.....	3,6
Кількість вентиляторів.....	2
Тип відтаювання.....	Електричний
Дальність струменя повітря, м.....	9,5
Маса, кг.....	102
Габаритні розміри зовнішнього блоку, мм.....	813 (971) x 417 x 700
Габаритні розміри внутрішнього блоку, мм.....	833 (905) x 504 x 503

Дане обладнання виконує всі функції, які задані вихідними даними та декількома параметрами роботи та плавним регулюванням обертів вентилятора та пультом управління з датчиком температури.

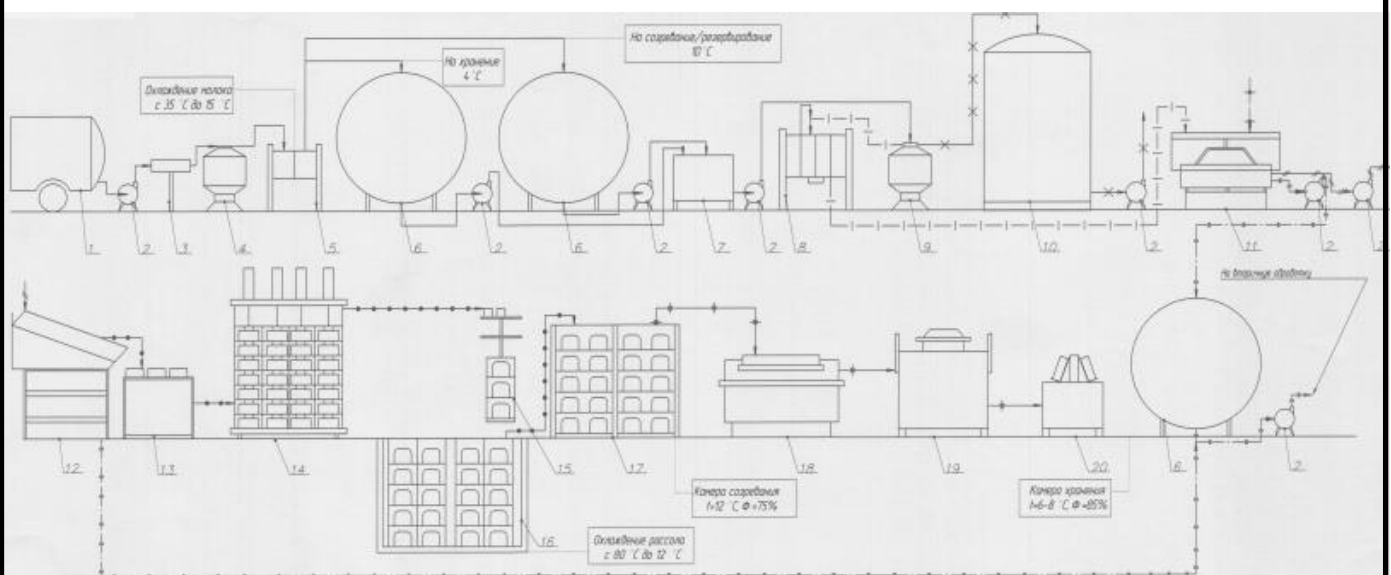


Рисунок 2.6 – Технологічна схема виробництва сиру

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32



На рис. 2.6 зображено: 1 – автомолокоцистерна (к-ть – 1), 2 – насос (к-ть – 8), 3 – лічильник (к-ть – 1), 4 – сепаратор молокоочисник (к-ть – 1), 5 – охолоджувач (к-ть – 1), 6 – резервуар (к-ть – 3), 7 – зрівняльний бак (к-ть – 1), 8 – ППОУ (к-ть – 1), 9 – сепаратор нормалізатор (к-ть – 1), 10 – резервуар (к-ть – 1), 11 – сиродільна ванна (к-ть – 1), 12 – відділювач сироворотки (к-ть – 1), 13 – формувальний стіл (к-ть – 1), 14 – прес (к-ть – 1), 15 – контейнер (к-ть – 1), 16 – басейн для соління (к-ть – 1), 17 – стелаж для дозрівання сиру (к-ть – 1), 18 – машина для мийки сирів (к-ть – 1), 19 – машина для обсушки сирів (к-ть – 1), парафінер (к-ть – 1).

## 2.4 Підбір допоміжного холодильного обладнання

### 2.4.1 Вентиляційне обладнання.

На об'єкті, що розробляється, крім холодильного обладнання є місце вентиляційним установкам, які мають різний функціонал на об'єкті.

Першою точкою необхідності в такому устаткуванні приходить з розсільного цеху, де необхідно гасити вологопритоки від випарів з поверхні басейнів і знімати необхідні теплопритоки, для цієї задачі попередньо застосовується осушувальний агрегат, який паралельно повинен виконувати функцію підтримки мікроклімату в приміщенні, згідно з нормативними документами.

Другою точкою для впровадження та підбору вентиляційного обладнання є основний цех виробництва та формування сиру. В даному випадку застосовується класична система кондиціонування повітря (СКП) у вигляді припливної установки, а також більш ускладненої конструкції припливно-витяжної установки, з усіма необхідними елементами, що входять в установку для забезпечення комфортних умов роботи персоналу, забезпечувати подачу свіжого повітря з вулиці та захисту продукту.

*Підбір обладнання для розсільного цеху.*

Головним шкідливим припливом у приміщенні є волога. Так як розсільні басейни в кількості 6 штук знаходяться у відкритому стані і випаровування пари з поверхні буде відбуватися рясно і довгостроково, тому, вентиляцією необхідно погасити вологу від випаровування і не допустити нагрівання розсолу та дотриматися необхідного мікроклімату.

В якості установки для розсільного цеху приймається осушувальний апарат у вигляді вентиляційної установки. Такий тип охолоджувача-осушувача було обрано, тому, що у розсільному цеху необхідна рівномірна циркуляція повітря з можливістю погашення вологопотоків та підтримання специфічного мікроклімату. Було вибрано моноблочну установку центрального кондиціонера системи П2 установка Канал - ВЕНТ 50 - 25.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

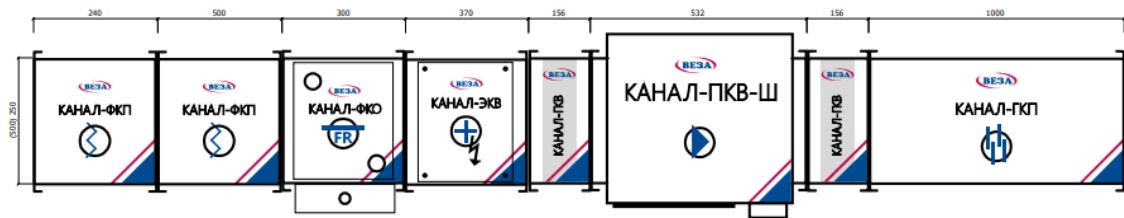


Рисунок 2.7 – Схема центрального кондиціонера для камери дозрівання сиру

### Підбір обладнання для виробничого цеху

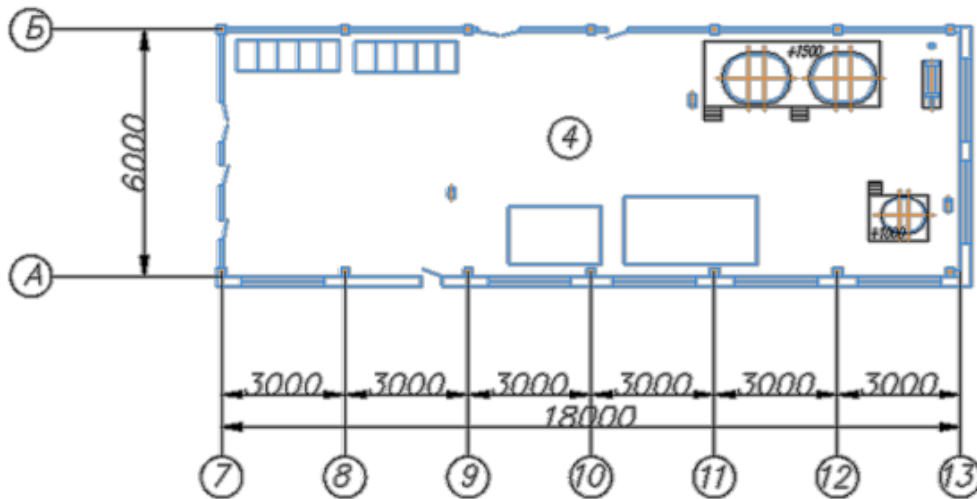


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри та розташування обладнання по приміщенню виробничого цеху

Необхідність припливу свіжого повітря визначається санітарною нормою ( $\text{м}^3/\text{год}$  людини). Продуктивність цеху  $220 \text{ кг}/\text{змiна}$ . Завдання розрахувати кондиціонування на цілорічний період підтримування параметрів повітря та необхідні потужності для відведення тепла та вологи.

Для цього технічного рішення підібрана установка прямооточного типу з рециркуляцією та підмішуванням зовнішнього повітря та системою регулювання, що відповідає режиму роботи установки.

Попередній підбір системи охолодження на поверхні охолоджувача повітря, приймаємо  $t_0' = 5^\circ\text{C}$ . Беручи до уваги перепад температур на поверхні теплообміну, отримаємо, що температура на виході повітроохолоджувача складе  $3^\circ\text{C}$ . Також враховуючи перепад температури за холодоносієм  $\Delta t_{\text{хл}} = 5^\circ\text{C}$ , звідси отримаємо температуру холодоносія, що подається, рівну  $-2^\circ\text{C}$ . За цими даними знаходимо температуру кипіння  $t_0 \text{ XA}$  у випарнику та виконуємо розрахунки компресорно-конденсаторного блоку (ККБ), який буде розрахований і підібраний на основі розрахунку допоміжного обладнання. Для даної кондиційної установки.

В якості установки для виробничого цеху приймається вентиляційна установка. Такий тип установки було обрано, тому, що у виробничому цеху необхідна рівномірна циркуляція повітря з можливістю погашення теплопритоків від обладнання та підтримання комфортного мікроклімату для працівників. Також важлива підтримка належного підпору, для недопущення підсмоктування брудного повітря та відсутності протягів. Для цього об'єкта було вирішено вибрати моноблочну двоповерхову установку центрального кондиціонера системи ПЗ/ВЗ ВЕРОСА-500.

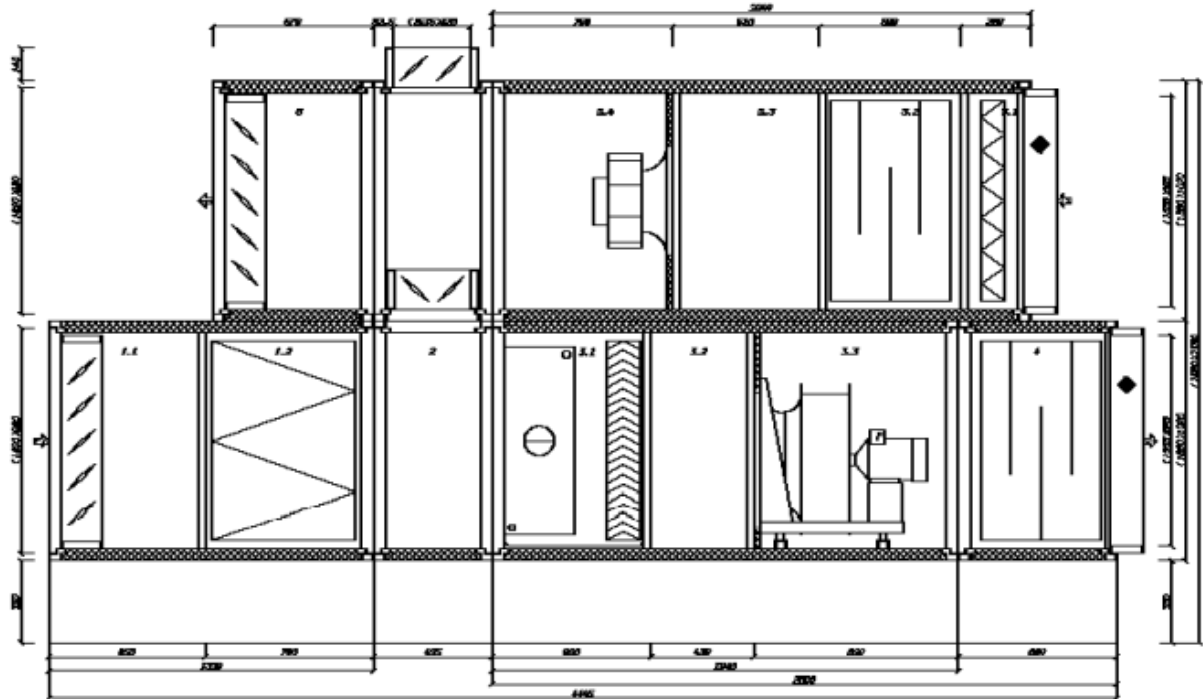


Рисунок 2.9 – Схема центрального кондиціонера для виробничого цеху

#### 2.4.2 Допоміжні холодильні агрегати.

Крім основного холодильного та вентиляційного обладнання немалу роль відіграють допоміжні холодильні агрегати. Здебільшого вони є підмогою для систем, які лише іноді при своєму циклі роботи використовують холод. Або використовують його періодично у різні пори року, а решта часу обходяться при роботі іншими елементами власних систем.

В основному, дані допоміжні холодильні елементи включаються до систем холодопостачання вентиляційних припливних та припливно-витяжних установок. Це обумовлюється тим, що решта апаратів чи самі собою у процесі своєї роботи є такими самими установками з надання холоду, або мають у собі апарати з виробництва, які вбудовані у принцип дії агрегату.

У вибраних та розрахованих системах вентиляційних установок, об'єкті, що розробляється, основними учасниками процесу підготовки повітря є повітроохолоджувачі, які включені до складу центрального кондиціонера. Для їх роботи їм необхідне включення побічних точок холодопостачання у вигляді зовнішніх блоків, у яких забезпечення роботи циклу охолодження, що здійснюється за рахунок теплообміну між повітрям та фреоном, підготовленим у зовнішньому блоці. Вид зовнішнього блоку попередньо вибираємо у вигляді блоку систем ККБ. ККБ (компресорно-конденсаторний блок) – це холодильне обладнання, призначене для викиду тепла у навколишнє середовище. Він працює у зв'язці з повітроохолоджувачем, який передбачається у складі вентиляційної установки або центрального кондиціонера, що встановлюється безпосередньо поруч із центральною установкою.

ККБ включає: компресор, конденсатор, вентилятор охолодження конденсатора та вузол автоматики. Алгоритм роботи такий. У ККБ надходить газоподібний холодоагент від охолоджувача повітря. Він стискається в компресорі, при цьому значно нагрівається (до 70°C вище). Потім він потрапляє в конденсатор, де охолоджується до температури, порядку на 5-15 °C вище температури зовнішнього повітря. При цьому процесі холодоагент конденсується і перетворюється на рідину.

Рідкий холодоагент на виході з ККБ потрапляє до терморегулюючого вентиля, у якому різко розширюється та охолоджується. Підготовлений холодоагент низької температури прямує до повітроохолоджувача припливної установки. Саме вона охолоджує припливне повітря. Процес охолодження відбувається в повітроохолоджувачі, який виконує функцію випарника. Віддавши холод повітрю, яке надходить із кондиціонера, і охолодивши його, холодоагент випаровується, тобто, переходить у газоподібний стан. Потім цикл повторюється.

Установки даного типу в центральному секційному кондиціонері підключаються безпосередньо до тієї секції, де потрібне підведення холоду, зазвичай це секції повітроохолоджувачів. Рідше за такі установки включають у секції рекуперації, де потрібно до охолодити потік припливного повітря у процесі перетину його з витяжним. В наших підібраних та розрахованих установках центрального кондиціонера секції рекуперації не передбачено, тому підведення холоду буде проводитися тільки у відділі повітроохолоджувачів, які є ключовими у процесах підготовки повітря.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

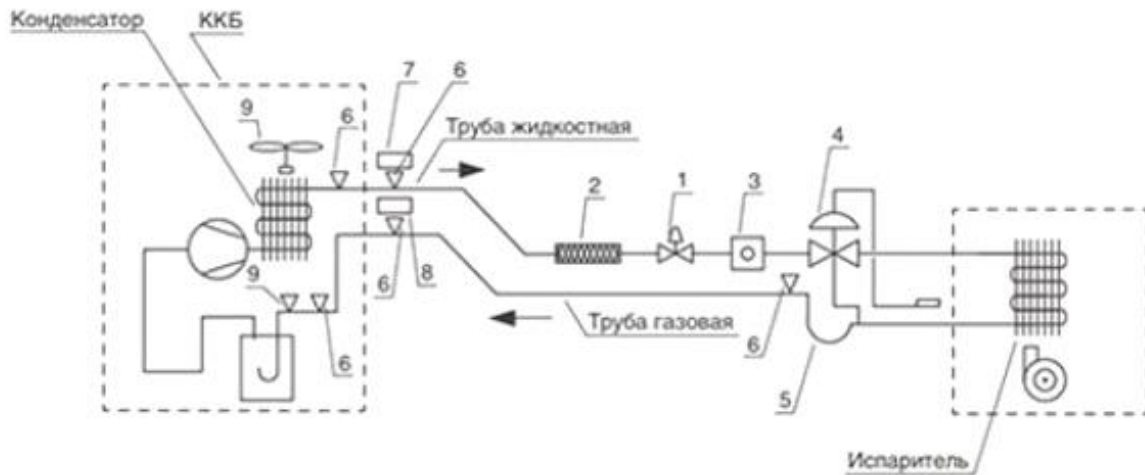


Рисунок 2.10 – Принципова схема роботи ККБ та перелік вхідного обладнання

На рис. 2.10 зображено: 1 – соленоїдний вентиль, 2 – фільтр, 3 – індикатор вологості, 4 – ТРВ, 5 – мастилопід’ємна петля, 6 – клапан Шредера, 7 – датчик високого тиску, 8 – датчик низького тиску, 9 – кран.

Навантаження на секції охолодження та процеси в них розраховуються досить просто та підбір допоміжного обладнання для даних секцій проводиться за характеристиками необхідного підведення холоду.

Характеристика величини підведення холоду/відведення тепла від об’єкта, називається питомою холодопродуктивністю.

Питома холодопродуктивність – кількість теплоти, яка віднімається від об’єкта, що охолоджується, в одиницю часу за допомогою холодильної машини [кДж/кг]. Ця характеристика є основною при розрахунку процесу охолодження. Але для підбору установки ККБ ключовим показником буде необхідна холодопродуктивність.

Потужність – кількість теплоти, що віднімається від охолоджуваного об’єкта за допомогою холодильної машини [кВт]. У ній враховується питома холодопродуктивність та витрата повітря від якого необхідно відвести тепло:

$$Q = \frac{L \cdot \rho \cdot \Delta i}{3600}$$

де  $L$  – витрата повітря від якого необхідно відвести тепло, м<sup>3</sup>/год;

$\rho$  – щільність повітря при температурі в охолоджувачі повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta i$  – питома різниця ентальпій процесу охолодження, яка характеризує питому холодопродуктивність, кДж/кг.

Зробимо розрахунок зовнішнього блоку ККБ для системи центрального кондиціонування в камері дозрівання. Для цього перенесемо значення питомої холодопродуктивності та знайдемо явну холодопродуктивність для цієї установки:

$$q_{\text{во}} = 3,5 \text{ кДж/кг}$$

Звідси навантаження на систему ККБ дорівнює:

$$Q = \frac{L \cdot \rho \cdot q_{\text{во}}}{3600} = \frac{1600 \cdot 1.24 \cdot 3,5}{3600} = 2 \text{ кВт}$$

Слід врахувати той факт, що на об'єкті, що розробляється, передбачений момент роботи двох систем камер дозрівання, дійсна необхідна холодопродуктивність дорівнює 4 кВт.

Як бачимо, що навантаження на блок занадто мале, тому підбір установки робити поки ще зарано і пропонується варіант зробити розрахунок інших навантажень від систем та подивитися можливість об'єднання двох або більше секцій охолодження центральних кондиціонерів до одного блоку ККБ.

Зробимо розрахунок зовнішнього блоку ККБ для системи центрального кондиціонування у розсільному цеху. Для цього перенесемо значення питомої холодопродуктивності та знайдемо явну холодопродуктивність для цієї установки:

$$q_{\text{во}} = 4,2 \text{ кДж/кг}$$

Звідси навантаження на систему ККБ дорівнює:

$$Q = \frac{270 \cdot 1.2 \cdot 4,2}{3600} = 0,4 \text{ кВт}$$

За даними значеннями досі не зрозуміло чи є сенс у розділенні систем охолодження за окремими блоками ККБ або об'єднанні в один. Це рішення прийматиметься після розрахунку навантаження на секцію охолодження системи, що працює на виробничий цех проектного заводу.

Зробимо розрахунок зовнішнього блоку ККБ для системи центрального кондиціонування у виробничому цеху. Для цього перенесемо значення питомої холодопродуктивності та знайдемо явну холодопродуктивність для даної установки:

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{во}} = 8,1 \text{ кДж/кг}$$

Звідси навантаження на систему ККБ дорівнює:

$$Q = \frac{10600 \cdot 1,2 \cdot 8,1}{3600} = 30 \text{ кВт}$$

За проведеними вище розрахунками можна робити певні висновки. Технічним рішенням було прийнято, що об'єднання систем в один блок ККБ буде нераціонально, бо пріоритетом роботи була максимальна самостійність усіх систем працюючих на об'єкті. З урахуванням рознесення апаратури з усього обсягу виробництва.

Рішення щодо поділу холодопідвідних блоків було прийнято наступне:

1. Об'єднати одним блоком системи камер дозрівання та розсільного цеху на сумарну потужність 5кВт та передбачити регулювання компресора, за умови, що одна з камер може бути в неробочому стані та невеликій потужності охолоджувача системи П2;

2. Поставити окремий блок для виробничих цехів системи П3/В3. Для цього технічного рішення підібрані зовнішні блоки системи ККБ малої продуктивності фірми Dantex серії DK. Для першого випадку підібрано блок DK-05WC/AF з продуктивністю охолодження 5,3 кВт з максимальною споживаною потужністю 2,57 кВт на основі ХА R410a із системою плавного регулювання продуктивності компресора. Для другого випадку підбираємо блок DK-TS035BUSOHF з продуктивністю охолодження 32,3 кВт з максимальною споживаною потужністю 10,43 кВт на основі ХА R410a.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

## РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 3.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

#### Фізичні фактори

Рухомі машини та механізми, рухомі частини технологічного обладнання, товари, що переміщуються, тара, обрушуючи штабелі товарів, що складуються.  
Дія фактора: можливе травмування працівника.

Підвищена температура поверхонь устаткування, виробів.

Дія фактора: контакт із гарячою (понад 45 °С) поверхнею може спричинити опіки незахищених ділянок тіла.

Знижена температура поверхонь холодильного обладнання.

Дія фактора: тривалий контакт з поверхнею, що охолоджується, холодильного обладнання може бути причиною судинних хвороб, особливо пальців рук.

Підвищена температура повітря на робочій зоні.

Дія фактора: сприяє порушенню обмінних процесів у організмі.

Підвищений рівень шуму робочому місці. Дія фактора: сприяє зниженню гостроти слуху, порушення функціонального стану серцево-судинної та нервової системи.

Підвищений рівень вібрації. Дія фактора: при тривалому впливі вібрації на організм виникають зміни, які призводять у ряді випадків до вібраційної хвороби.

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло людини. Дія фактора: недотримання правил з електробезпеки може викликати місцеві ураження організму людини електричним струмом (опіки, механічні пошкодження тощо) або електричний удар [13]. Гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях інструменту, обладнання, інвентарю, товарів та тари. Дія фактора: можливі поранення, дрібні пошкодження рук та інших незахищених частин тіла.

#### Хімічні фактори

Мастильні олії. Дія фактора: при частому попаданні олії на відкриті ділянки тіла, при тривалій роботі в одязі, просоченому маслом, можуть виникнути гострі та хронічні захворювання шкіри [14].

Вдихання масляної пари викликає отруєння.

На роботах, які проходять в особливих температурних умовах або пов'язаних із забрудненням, працівнику видається безкоштовно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>							
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Розроб.</i>					<b>Технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості</b>							
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>									3	52	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>							<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>											



### 3.2 Вимоги щодо забезпечення пожежо- та вибухобезпеки

Перед початком роботи на підприємстві необхідно отримати протипожежний інструктаж. Користуватися справними вимикачами, розетками, вилками, патронами та іншою електроарматурою. Не залишати без нагляду увімкнене обладнання та електроприлади, відключати електричне освітлення (крім аварійного) після закінчення роботи. Курити лише у спеціально відведених та обладнаних місцях. При використанні в роботі горючих і легкозаймистих речовин прибирати їх у безпечне у пожежному відношенні місце [14]. Не залишати використаний обтиральний матеріал у приміщенні після закінчення роботи.

Дотримуватися чинних правил пожежної безпеки. При виявленні пожежі або ознак горіння (задимлення, запах гарі, підвищення температури тощо) необхідно: припинити роботу та відключити за допомогою кнопки "стоп" (вимикача, рубильника тощо) використовуване обладнання та електроприлади; негайно повідомити про це по телефону в пожежну охорону (при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також повідомити своє прізвище); вжити по можливості заходи з евакуації людей, гасіння пожежі та безпеки матеріальних цінностей; вжити заходів щодо виклику до місця пожежі адміністрації об'єкта та діяти відповідно за отриманими вказівками [13, 14].

*Загальні вимоги до охорони праці.*

Холодильна та вентиляційна техніка – одна з самих затребуваних галузей у системах життєзабезпечення. Щорічно вводиться нове технічне обладнання та цикли його роботи.

Безперервно відбувається і модернізація моделей обладнання, підвищення їх ефективності та безпеки. Дані види технічних агрегатів є небезпечними через обладнання, що працює на високих оборотах та під високим тиском [13]. Питання забезпечення безпеки на виробництві є одним з основних питань на підприємстві. На виробництві для персоналу, що працюють з холодильним та вентиляційним обладнанням, повинна бути розроблена інструкція з охорони праці.

Умови допуску працівника до самостійної роботи за фахом або виконання відповідної роботи. До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли попереднє медичне обстеження та не мають протипоказань до цієї роботи [14]. При вступі на роботу та під час роботи на підприємстві з працівником проводяться інструктажі з охорони праці: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться з кожним працівником, який розпочинає свою роботу на підприємстві. Після отримання вступного інструктажу, а потім первинного інструктажу на робочому місці працівник повинен протягом перших 8 змін пройти стажування та придбати навички безпечних способів роботи під керівництвом призначеної особи. Вказівки про проведення первинного та повторного інструктажів на робочому місці, та проходження працівником стажування наведено у типових інструкціях [14].

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Позаплановий інструктаж проводять: при введенні в дію нових або перероблених стандартів, правил, інструкцій з охорони праці, а також змін до них; при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації обладнання, пристроїв та інструменту та інших факторів, що впливають на безпеку праці; при порушенні працівником вимог безпеки праці, які можуть призвести або призвели до травми, аварії, вибуху або пожежі, отруєння; на вимогу органів нагляду; при перервах у роботі – для робіт до яких пред'являють додаткові (підвищені) вимоги безпеки праці більш ніж на 30 календарних днів, а решти робіт – 60 днів [13, 14]. Цільовий інструктаж проводять при виконанні разових робіт, не пов'язаних з прямими обов'язками за спеціальністю (навантаження, вивантаження, прибирання території, разові роботи поза підприємством, цехи тощо); ліквідації наслідків аварій, стихійних лих та катастроф; виконання робіт, на які оформляється наряд-допуск, дозвіл та інші документи.

Інструктажі робочому місці завершуються перевіркою знань.

Отримання інструктажу з безпеки праці та проходження стажування працівник підтверджує своїм підписом у відповідному журналі (документ про прийом на роботу, особисту картку проходження навчання). Особа, яка показала незадовільні знання, до самостійної роботи не допускається і має знову пройти інструктаж.

Відповідно до вимог органів охорони здоров'я працівник проходить медичні огляди (попередній при вступі на роботу та періодичні), лабораторні та функціональні дослідження, робить профілактичні щеплення. Періодичність медичних оглядів, які працівник повинен проходити під час роботи, періодичність та види лабораторних та функціональних досліджень, щеплень, а також участь лікарів-фахівців у попередньому та періодичних медичних оглядах встановлюється відповідно до вимог органів охорони здоров'я [13, 14]. До досягнення 18 років працівник проходить медичний огляд щороку. Працівник підприємства продовольчої торгівлі (громадського харчування) повинен мати особисту медичну книжку, до якої вносяться результати медичних обстежень, відомості про перенесені інфекційні захворювання, про здачу санітарного мінімуму.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена технічному оснащенню холодильної установки для підприємства молочної промисловості. У роботі зазначено, що застосування низьких температур у харчовій промисловості забезпечує протікання фізичних, хімічних, біологічних та інших процесів в умовах, які суттєво відрізняються від тих, які протікають за звичайних умов. Означені процеси при низьких температурах сповільнюються, а деякі з них припиняються.

У першому розділі сконцентровано увагу на тому, що сир є високоцінним харчовим продуктом, що містить велику кількість повноцінних легкозасвоюваних білків, молочного жиру, різних солей та вітамінів. У процесі виробництва сиру на промислових підприємствах та у великих масштабах, необхідна велика кількість дорогого обладнання на всіх етапах його виробництва. Кожен елемент на лінії виробництва сиру має безліч вимог і має відповідати всім характеристикам, і всім тонкощам у такому делікатному процесі, як виготовлення сиру, починаючи з первинної обробки молока та закінчуючи транспортуванням і зберіганням готового продукту до його кінцевого попадання до споживача.

Вважається, що тривалість та режими технологічних операцій, у виробництві сиру, можуть бути різними та майже в усіх необхідне використання холодильних установок. Холодильні установки у виробництві сиру та інших молочних продуктів, можуть бути, як допоміжні, а на деяких етапах можуть самостійними членами виробничого процесу. Зазначено, що важливу роль на багатьох етапах виробництва відведено холодильному обладнанню (чілер), яке здійснює процес підготовки сировини, рідин та подачу холоду на інші установки холодопостачання об'єкта для безперервного виробничого процесу. Чіллер – це холодильна машина, призначена для охолодження рідини. Найпоширенішими видами таких агрегатів є парокомпресійні холодильні машини. Чіллер такого типу завжди включає в себе такі основні елементи, як компресор, випарник, конденсатор та розширювальний пристрій.

Другий розділ присвячено підбору холодильного обладнання для охолодження молочної сировини, дозрівання та зберігання. Зазначено, що вагомим пристроєм для забезпечення підприємства холодом є система для підготовки холодоносія для охолодження молока та розсолу. Для забезпечення заводу холодом даного виду був попередньо запропонований чілер на основі пропіленгліколю 30%, обраний як холодоносіє. Прийнято систему холодопостачання вентиляційних та теплообмінних апаратів, а також схема холодильної установки, використовуваний холодильний агент – фреон R410a.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>Технічне оснащення холодильної установки для підприємства молочної промисловості</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						2	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>			
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

Здійснено розрахунок теплообмінних апаратів та підбір обладнання, а саме обрано теплообмінник пластинчастий розбірний П13-43 для молока поверхнею теплообміну 5,34 м<sup>2</sup>; для охолодження розсолу був підібраний теплообмінник пластинчастий розбірний П28-25 з поверхнею теплообміну 6,35 м<sup>2</sup>. Для цих умов теплообміну здійснено підбір чілера марки Dantex, модель чілера підібрана DN-TS430BUSOHF із холодопродуктивністю 131,97 кВт та витратою холодоносія 66,9 м<sup>3</sup>/год, вбудованим гідромодулем та системою FREECOLING.

Головним холодильним агрегатом виробництва сиру є система камери дозрівання сиру. Для даного виду продукту та з урахуванням його відкритого стану всередині камери звичайний парозволожувач не підійде. Оскільки він виробляє занадто багато питомої теплоти, яку потрібно відводити за допомогою холодильної установки, що підвищує навантаження на обладнання та згубно впливає на дозрівання сиру. У роботі, як установка для камери дозрівання, приймається холодильний апарат вентиляційної установки. Такий тип охолоджувача був обраний, тому, що в камері дозрівання необхідна рівномірна циркуляція повітря з певною швидкістю та великою кількістю точок розподілу холоду. Щоб не встановлювати безліч внутрішніх блоків повітроохолоджувачів, було вирішено вибрати моноблочне встановлення центрального кондиціонера системи П1 установка Airmate-2000-У3 із системою розподілу повітря за допомогою щілинних ґрат.

Для холодильної камери зберігання сиру було здійснено розрахунок товщини теплоізоляції холодильної камери зберігання сиру, теплотехнічний розрахунок камери зберігання. На основі отриманих розрахунків була обрана установка зі спліт-системним виконанням марки Polair по модельному ряду – система типу SM-342S (SM-342SF) з максимальним електроспоживанням 3,6 кВт та необхідною холодопродуктивністю 4кВт зі встановленої температури камери з характеристиками конденсатора по поверхні теплообміну 19,5 м<sup>2</sup>. Ця система також підходить для характеристик випарника з площею теплообміну випарника 17,8 м<sup>2</sup>.

Підібрано допоміжне холодильне обладнання. Крім холодильного обладнання важливе місце відведено вентиляційним установкам. У якості установки для розсільного цеху приймається осушувальний апарат у вигляді вентиляційної установки. Такий тип охолоджувача-осушувача було обрано, тому, що у розсільному цеху необхідна рівномірна циркуляція повітря з можливістю погашення вологопотоків та підтримання специфічного мікроклімату. Було вибрано моноблочну установку центрального кондиціонера системи П2 установка Канал – ВЕНТ 50 – 25. У якості установки для виробничого цеху приймається також вентиляційна установка центрального кондиціонера системи П3/В3 ВЕРОСА-500.

У якості допоміжного обладнання обрано компресорно-конденсаторний блок – холодильне обладнання, яке призначене для викиду тепла у навколишнє середовище. Він працює у зв'язці з повітроохолоджувачем, який передбачається у складі вентиляційної установки або центрального кондиціонера, що встановлюється безпосередньо поруч із центральною установкою.

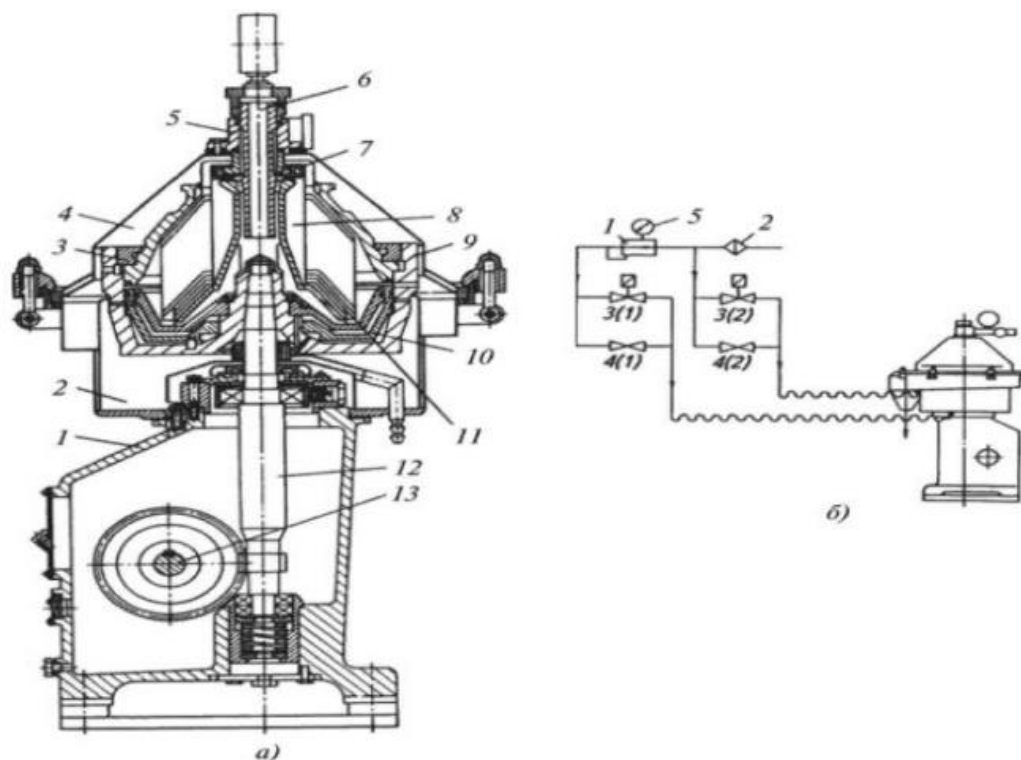
					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чумак І.Г., Чепурненко В.П.. Холодильні установки. Проектування. Одеса : Друк, 2008. Том 1, 186 с.
2. Гвоздев О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Сердюк М.М. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу. К.: Вища освіта. 2006. 479 с.
3. Процеси і апарати харчових виробництв / За ред. В. М. Стабникова. К. : Вища шк., 2000. 375 с.
4. The dairy industry: process, monitoring, standards, and quality. Режим доступу: <https://www.intechopen.com/chapters/63169/>
5. Мнацаканов Г. К. Основи проектування холодильників. Одеса: Інститут низькотемпературної техніки ОДАХ, 2004. 71 с.
6. Гуртовенко Ю.О. Проектування холодильників. Біла Церква: Технологіко-економічний коледж Білоцерківського національного аграрного університету, 2010. 124 с.
7. Compressors. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/compressors>.
8. Хмельнюк М.Г. Холодильні установки спеціального призначення. Одес. нац. акад. харч. технологій. Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2013. 488 с.
9. Лозовський А.П., Іванов О.М. Основи холодильних технологій. Суми: Університетська книга, 2018. 280 с.
10. Подмазко О.С., Мурашов В.С. Холодильна техніка і технологія. Одеса, Видавничий центр ОДАХ, 2015. 200 с.
11. Ткачук К.Н., Филипчук В.Л., Каштанов С.Ф., Зацарний В.В., Полукаров О.І. та ін. Виробнича санітарія: Навчальний посібник. Рівне: 2012. 443 с.
12. Мальгина Е.В., Мальгин Ю.В. Холодильные машины и установки. М. : Пищевая промышленность, 1991, 609 с.
13. Джигирей В. С. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 256 с.
14. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності. Львів: Магнолія 2006, 2007. 499с.
15. Лагутін А.Ю. Холодильна техніка. Одеса : Друк, 2008. 145 с.
16. Чумак І.Г., Чепурненко В.П. Холодильні установки. Проектування. Одеса : Друк, 2008. Том 2, 186 с.
17. What are compressors and what are their types? Режим доступу: <https://www.brighthubengineering.com/hvac/33373-introduction-to-compressors/>.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

**Додаток А**  
**Схема сепаратора-молокоочисника ОХО-10**  
 продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год



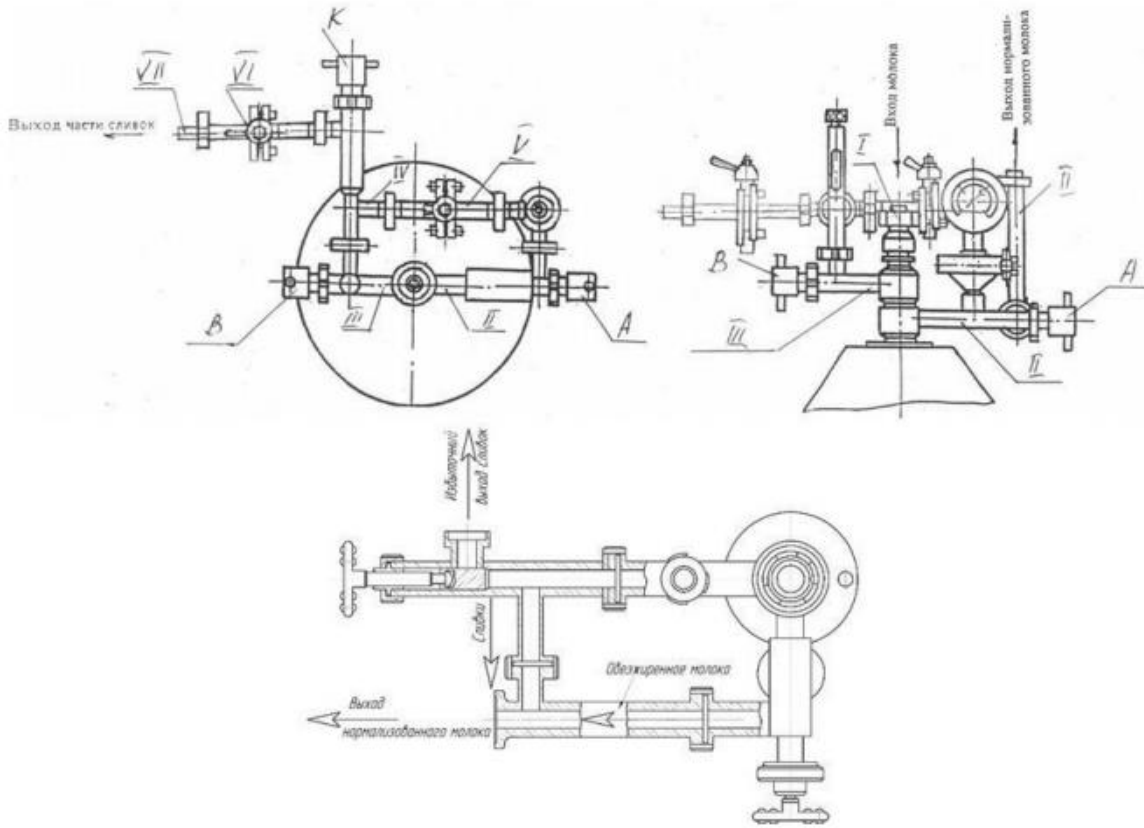
**Схема сепаратора-молокоочисника ОХО-10**  
 продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год

а – загальний вигляд: 7 – станина; 2 – приймач осаду; 3 – барабан; 4 – кришка сепаратора; 5 – приймально-вивідний пристрій; 6 – центральна труба; 7 – напірний диск; 8 – тарілотримач; 9 – основа; 10 – поршень; 11 – пакет тарілок; 12 – вертикальний вал; 13 – горизонтальний вал

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					1	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>Схема сепаратора-молокоочисника ОХО-10</b> продуктивністю 10 м <sup>3</sup> /год		

## Додаток Б

### Принципова схема сепаратора – нормалізатора РЗ-ОЦТ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год



### Принципова схема сепаратора – нормалізатора РЗ-ОЦТ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год

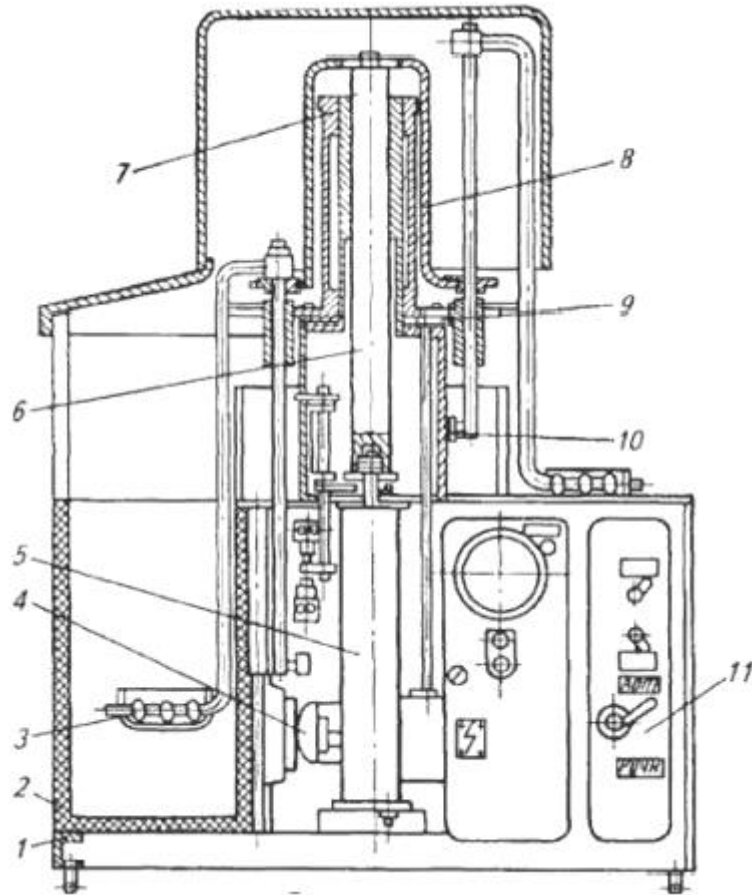


### Пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка А1-ОКЛ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год (ППОУ)

<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Цвіркун			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.					1	52	
Н. Контр.		Омельченко			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.		Омельченко					

**Принципова схема сепаратора – нормалізатора РЗ-ОЦТ-2 продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год**

**Додаток В**  
**Карусельний парафінер**



Карусельний парафінер

1 – рама з опорами; 2 – ванна; 3 – тримач для сиру; 4 – механізм кругового руху власників; 5 – вертикальний пневмоциліндр; 6 – шток пневмоциліндра; 7 – напрямна тримачів; 8 – підйомник тримачів; 9 – циліндрична шестерня; 10 – повідець; 11 – шафа управління.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					1	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>						



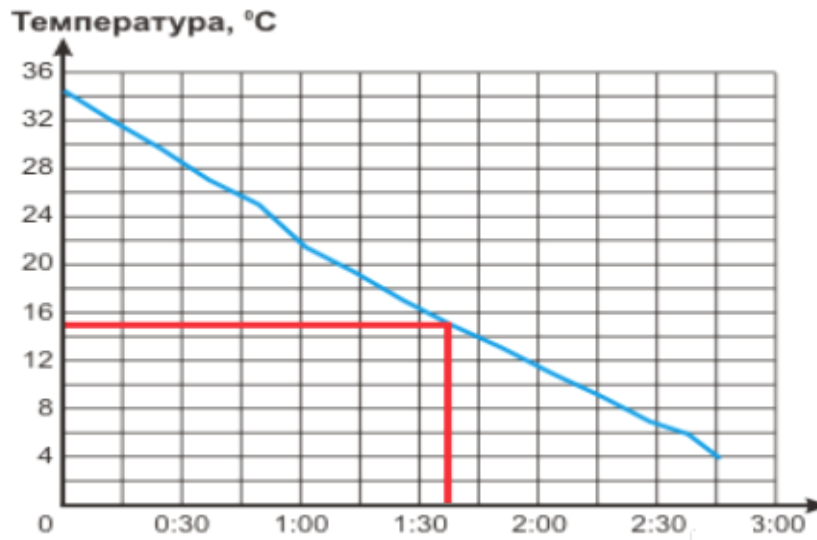
### Додаток Г

#### Схема охолодження молока в резервуарі охолоджувача з попереднім теплообмінником



Комбінована схема охолодження молока в резервуарі охолоджувача з попереднім теплообмінником

1 – теплообмінник ХМ, 2 – резервуар-охолоджувач, 3 – циркуляційний насос, 4 – резервуар-термос.

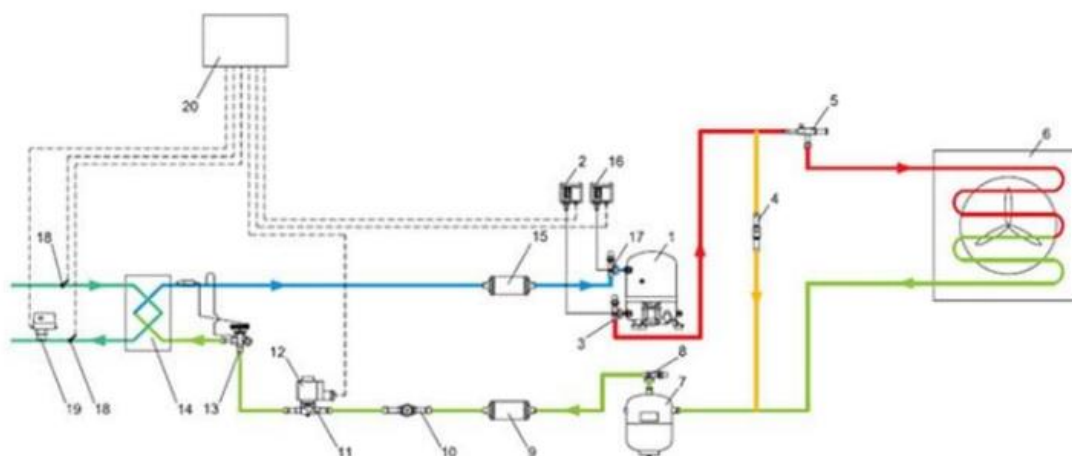


Швидкість охолодження молока у резервуарі ТОМ-2А

<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
<b>Схема охолодження молока в резервуарі охолоджувача з попереднім теплообмінником</b>			Літ.	Арк.
				1
			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>	
			Аркушів	52

## Додаток Д

### Принципова схема чіллера DN TS430BUSOHF



Принципова схема чиллера з конденсатором повітряного охолодження

1 – компресор, 2 – реле високого тиску, 3 – клапан запірний, 4 – клапан диференціальний, 5 – регулятор тиску конденсації, 6 – конденсатор повітряного охолодження, 7 – ресивер, 8 – клапан запірний, 9 – фільтр-осушувач, 10 – оглядове скло, 11 – клапан соленоїдний, 12 – котушка для соленоїдного клапана, 13 – вентиль терморегулюючий, 14 – випарник, 15 – фільтр-осушувач, 16 – реле низького тиску, 17 – клапан запірний, 18 – датчик температури, 19 – реле протоки рідини, 20 – щит управління.

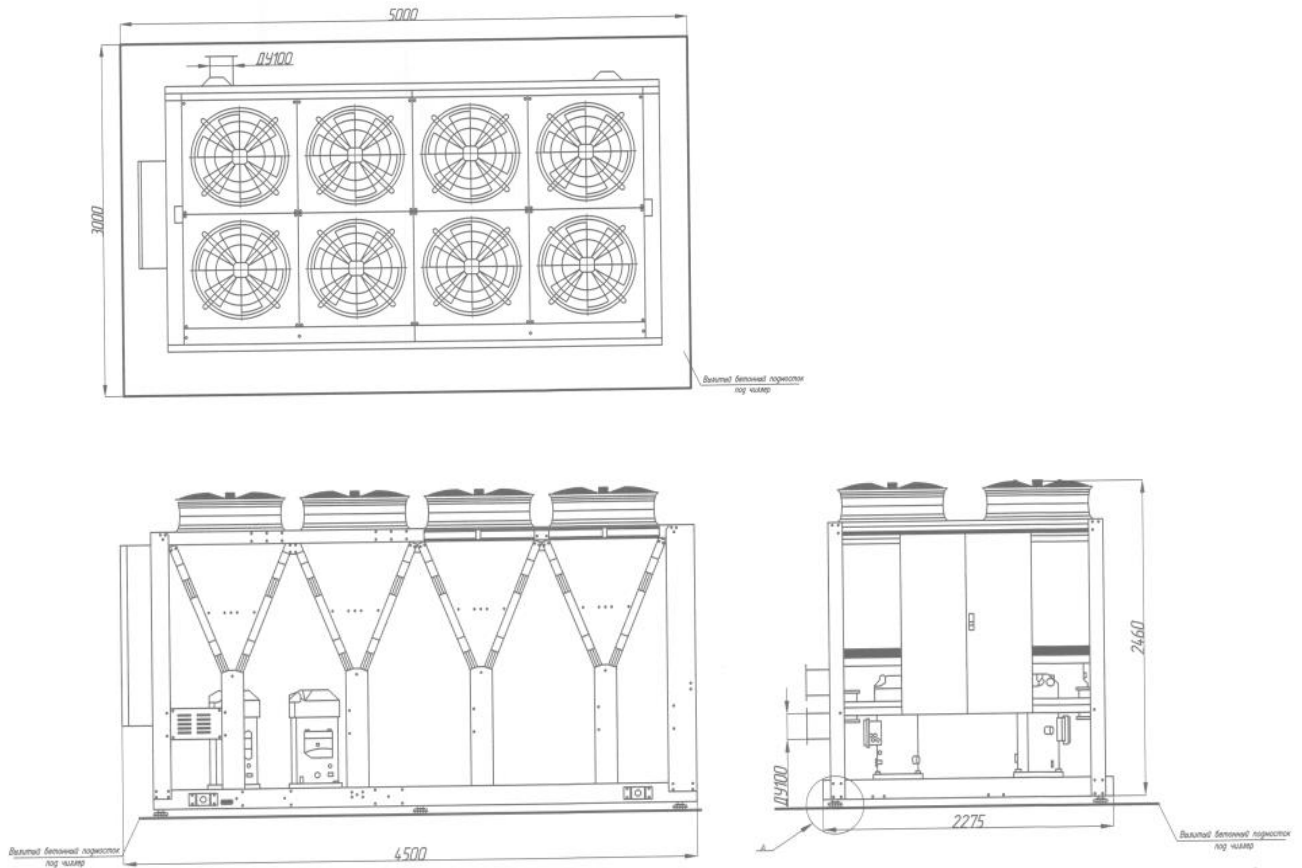


Чіллер DN TS430BUSOHF

<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
<b>Принципова схема чіллера DN TS430BUSOHF</b>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			1	52
<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				

**Додаток Е**  
**Холодильна установка  $t_0 = -5\text{ }^\circ\text{C}$**

М 1:20



Актив  
Шаблон

**Холодильна установка  $t_0 = -5\text{ }^\circ\text{C}$**

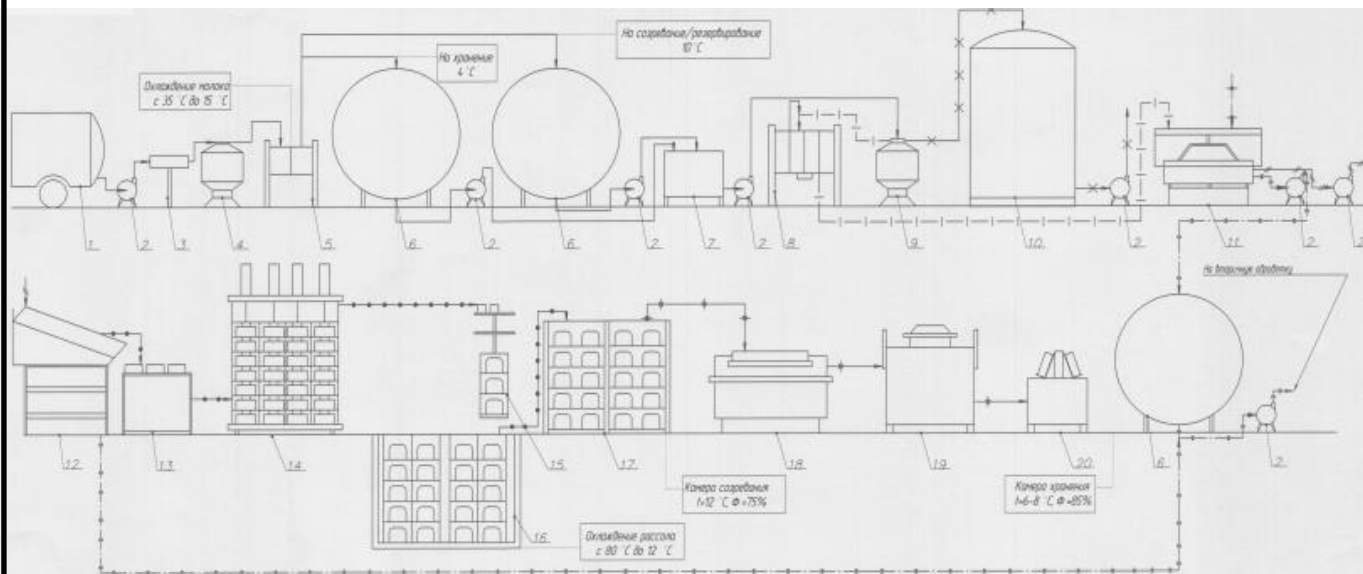


**Холодильна спліт-система SM-342S (SM-342SF)**

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Холодильна установка</b> <b><math>t_0 = -5\text{ }^\circ\text{C}</math></b>		
<i>Розроб.</i>							
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>				1	52
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			<b>ДонНУЕТ</b> <b>Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Омельченко</i>					

## Додаток Є

### Технологічна схема виробництва сиру



Технологічна схема виробництва сиру

1 – автомолцистерна (к-ть – 1), 2 – насос (к-ть – 8), 3 – лічильник (к-ть – 1), 4 – сепаратор молокоочисник (к-ть – 1), 5 – охолоджувач (к-ть – 1), 6 – резервуар (к-ть – 3), 7 – зрівняльний бак (к-ть – 1), 8 – ППОУ (к-ть – 1), 9 – сепаратор нормалізатор (к-ть – 1), 10 – резервуар (к-ть – 1), 11 – сиродільна ванна (к-ть – 1), 12 – відділювач сироворотки (к-ть – 1), 13 – формувальний стіл (к-ть – 1), 14 – прес (к-ть – 1), 15 – контейнер (к-ть – 1), 16 – басейн для соління (к-ть – 1), 17 – стелаж для дозрівання сиру (к-ть – 1), 18 – машина для мийки сирів (к-ть – 1), 19 – машина для обсушки сирів (к-ть – 1), парафінер (к-ть – 1).

<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
<b>Технологічна схема виробництва сиру</b>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			1	52
<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				