

Міністерство освіти і науки України
Одеській національній технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

На тему: «Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів»

Здобувача: Демченко І.О.

4-го курсу групи ЕН-141

Керівник: проф. Хмельнюк М.Г.

Консультант: доц. Жихарева Н.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри №12 від 31.05.24 р.

Завідувач кафедри ХУіКП

Михайло Хмельнюк

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКІЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет: Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра: Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти: Бакалавр
Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма: «Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри: д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

1 березня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Демченко Іллі Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів»

Затверджена наказом ОНТУ від № 487-03 від 31.08.23р.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 31.05.24 р.

3. Вихідні дані роботи: «Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів»

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

Вступ; Технологічна схема виробництва пива ; Розрахунок навантаження холодильного обладнання ; Тепловий розрахунок холодильної системи ; Розрахунок повітроохолоджувача ; Підбір устаткування; Розрахунок магістральних трубопроводів ; Охорона праці; Висновки

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

План цеху по виробництву; Розрізи цеху по виробництву; Схема трубопроводів холодильної системи; Ескіз повітроохолоджувача. Презентація в PowerPoint.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Жихарєва Н.В.		

7. Дата видачі завдання: 01.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ; Технологічна схема виробництва пива	01.02.- 15.02.2024 р.	
2	Розрахунок навантаження холодильного обладнання ; Тепловий розрахунок холодильної системи ;	16.02.- 28.02.2024 р.	
3	Розрахунок повітроохолоджувача ;	01.03.- 31.03.2024 р.	
4	Підбір устаткування, Розрахунок магістральних трубопроводів	01.04.- 15.04.2024 р.	
5	Охорона праці. Висновки	16.04.- 30.04.2024 р.	

Здобувач-дипломник _____ Демченко І.О.

Керівник роботи _____ проф. Хмельнюк М.Г.

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

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

Здобувач-дипломник _____ Демченко І.О.

Анотація

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему

«Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів»

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, графічній частини та презентації.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи холодопостачання при виробництві пива, розрахунок та підбір необхідного устаткування.

Процес виробництва пива визначається обраної технологією.

Практично кожний етап виробництва потребує застосування охолодження. Але це може буде здійснено за допомогою різних апаратів, з використанням різних способів охолодження, холодоагентів та температурних рівнях.

У кваліфікаційної роботи згідно обраної технології виробництва розроблено систему холодопостачання. Визначено необхідні теплопритоки, відповідно тепловим балансам, розраховані апарати виробництва, які задіяні в системі холодопостачання. Зроблено підбір основного та допоміжного устаткування. Розроблено розділ охорони праці, який забезпечує безпеку роботи персоналу підприємства.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні підприємств, орієнтованих на виробництво схожої продукції: пива, квасу, та ін.

ANNOTATION
TO THE QUALIFYING WORK ON A SUBJECT

"Project of a cooling system for a beer production plant with a capacity of 14 tons per day, located in Lviv"

The qualification work consists of an explanatory note, a graphic section, and a presentation. The purpose of the qualification work is to develop a cooling system for beer production, calculate and select the necessary equipment.

The beer production process is defined by the chosen technology. Almost every stage of production requires the use of cooling. However, this can be achieved using various devices, different cooling methods, refrigerants, and temperature levels.

In accordance with the chosen production technology, the qualification work develops a cooling system. The necessary heat influxes are determined according to the heat balances, and the equipment involved in the cooling system is calculated. The selection of the main and auxiliary equipment is carried out. A section on occupational safety is developed to ensure the safety of the enterprise's personnel.

The results of the work can be used in the design of enterprises focused on the production of similar products such as beer, kvass, and others.

ЗМІСТ

1 Вступ.....	4
2 Технологічна схема виробництва пива.....	10
3 Розрахунок навантаження холодильного обладнання	19
4 Тепловий розрахунок холодильної системи.....	28
5 Розрахунок повітроохолоджувача.....	32
6 Підбір основного та допоміжного устаткування	42
7 Розрахунок магістральних трубопроводів.....	48
8 Охорона праці.....	50
9 Висновки	65
Список використаної літератури	
Специфікації	

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.7			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Демченко І.О.					6	70
Перевір.		Хмельнюк М.Г.						
Реценз.								
Н. Контр.		Хмельнюк М.Г.				ОНТУ ІХКЕ гр.ЕН-141		

1 Вступ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи холодопостачання при виробництві пива, розрахунок та підбір необхідного устаткування.

Завод орієнтовано на випуск пива з продуктивністю 14 тон на добу з розташуванням підприємства у м. Одеса. Процес виробництва пива визначається обраною технологією. Практично кожний етап виробництва потребує застосування охолодження, але це може бути здійснено за допомогою різних апаратів, з використанням різних способів охолодження, холодоагентів та температурних рівнях.

Приготування пива є одним із найбільш складних технологічних процесів у харчовій промисловості. Для отримання напою високої якості пивоварам потрібно враховувати безліч нюансів і ретельно підбирати інгредієнти.

У класичній технології в пиві допускається використання тільки чотирьох компонентів:

Солод – продукт, одержуваний шляхом пророщування насіння злаків. Для виготовлення пива використовується ячмінь, минулий солодження, – процес, що сприяє проростанню зерна. Після замочування насіння ячменю розбухають і в них починаються хімічні реакції, що розщеплюють крохмаль на потрібний для бродіння солодовий цукор.

Вода. У пивоварінні воду розрізняють за складом і концентрацією солей. Для деяких сортів пива краще підходить «жорстка вода» (з високим вмістом солей), наприклад, для мюнхенського. Є сорти, зроблені виключно на воді з низьким вмістом солей, це пльзенське пиво. Сучасні технології дозволяють пивоварам регулювати концентрацію солей у воді з дуже високою часткою точності.

Хміль. Надає пиву характерний гіркий смак і запашний аромат. Він також відповідає за піноутворення. Замінити хміль в виробництві пива без

					КРБ.ХУКП .1.487-03.1.7	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

втрати якості неможливо. Це унікальна рослина, до складу якого входить більше 200 речовин, що відповідають за смак. Цікаво, що для пива годяться тільки шишки жіночих рослин хмелю.



Рис. 1.1 - Висушений хміль для пива

Дріжджі. На сьогоднішній день використовуються спеціальні пивні дріжджі сімейства *Saccharomycetaceae*, які не зустрічаються в природі. Вони штучно виведені спеціально для пивоваріння. В залежності від технології бродіння у виробництві пива використовуються два виду дріжджів:

- верхового бродіння (*Saccharomycetaceae cerevisiae*) – зустрічаються в таких видах пива як портер, ель і стаут;

- низового бродіння (*Saccharomycetaceae carlsbergensis*) – застосовуються при виготовленні табірного і середньоєвропейського пива.

Різниця між цими видами пивних дріжджів в тому, що на остаточній стадії бродіння дріжджі верхового бродіння збираються на поверхні (спливають), низового – на дні сусла. Це помітно впливає на смак.

Етапи виробництва пива

1. Приготування сусла. Спочатку ячмінний солод подрібнюють, але зерна не повинні перетворитися в однорідну масу. У складі сусла обов'язкові великі і дрібні крупинки. Це називається солодовим помелом. В різних сортах пива співвідношення великих і дрібних частинок істотно відрізняється.

					КРБ.ХУтаКП .1.487-03.1.7	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потім солодовий помел змішують з водою. Цей процес називається «затиранням», а отримана суміш – затором. При додаванні води ферменти ячменю починають розщеплювати крохмаль на солодовий цукор. Для прискорення ферментації пивовари затор нагрівають до температури 76°C.

Далі готове сусло фільтрують. Проварений затор переливають з котла в спеціальне сито, закриту знизу. В такому стані затертий солод знаходиться деякий час, поки на дні не осядуть тверді частинки, звані дробиною. Коли сито відкривають, крізь нього і шар дробини починає просочуватися чисте рідке сусло, яке збирається в спеціальний котел для подальшого варення.

2. Варіння сусла. Отримане на попередньому етапі сусло нагрівають, доводять до кипіння і додають хміль. Кількість шишок залежить від сорту пива і переваг майстра. У кожній рецептурі використовується різна кількість хмелю.

Варіння сусла займає 2-3 години. В ході цього процесу всі мікроорганізми гинуть і руйнуються ферменти, тому подальші хімічні реакції неможливі. Саме на даному етапі пивовари домагаються наперед встановленої щільності початкового сусла, яке на етикетці готового продукту позначається як щільність пива.

Далі зварене сусло фільтрують від залишків хмелю і дають йому відстоятися. На дні випадуть найдрібніші частинки, які не вдалося відфільтрувати на попередньому етапі. Також на деяких заводах використовується прискорена технологія видалення небажаних залишків центрифугою.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.2 – Ємності для варіння сусла

3. Бродіння. Чисте сусло надходить через труби на дно бродильних чанів, званих циліндроконіческими танками. Після того як сусло повністю охолоне, в чан додають дріжджі. Для пива верхового бродіння перед додаванням дріжджів сусло охолоджують до температури 18-22°C, для пива низового бродіння – до 5-10°C.

Через добу після закладки дріжджів на поверхні бродильного чана утворюється товстий шар піни. Це означає, що дріжджі успішно почали перетворювати цукор в вуглекислий газ і спирт. В ході бродіння виділяється багато тепла, тому сусло потребує постійному охолодженні, температура повинна бути стабільною.

В ході бродіння пивовари стежать за концентрацією вуглекислоти в чанах. При досягненні максимально допустимого рівня газ відводять по спеціальних трубах. Бродіння зупиняється після того, як весь цукор, що міститься в пиві, розклався дріжджами.

4. Дозрівання. На попередніх етапах вийшло молоде нефільтроване пиво, яке потребує подальшого дозрівання (не стосується пшеничних сортів). Для дозрівання потрібні великі ємності з нержавіючої сталі, сам процес триває від кількох тижнів до чотирьох місяців.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Під час дозрівання потрібно підтримувати стабільну температуру і тиск в ємностях, ці параметри не повинні коливатися. На сучасних підприємствах технологічний процес контролює спеціальне обладнання, здатне автоматично змінити температуру і тиск.



Рис. 1.3 – Обладнання для дозрівання пива

5. Фільтрація. Після дозрівання пиво проходить ще одну фільтрацію двома різними фільтрами, призначеними для очищення від великих і дрібних частинок. Після цього пінний напій стає абсолютно прозорим і готовим до розливу.

6. Розлив. На заключному етапі виробництва пива його переливають в тару різних видів. Перед розливом пляшки, кеги, барила їх ретельно миють, потім видаляють повітря. Пиво є швидкопсувним алкогольним напоєм, що вимагає стерильних умов. Без стерильності термін зберігання готового продукту дуже невеликий і помітно погіршується його смак. При розливі в

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

скляну тару пляшки попередньо пастеризують – повільно нагрівають до температури 65°C, що істотно продовжує термін зберігання пива.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

складається з грядок для пророщування ячменю. Тривалість пророщування ячменю на грядках від 7 до 8 діб. Для підтримки оптимальної температури на грядках при пророщування ячменю на грядки подається підігріте і охолоджене повітря з кондиціонерів. З солодородувального апарату типу "пересувна грядка" солод (зелений) за допомогою механічного транспорту і гвинтового шнека (поз. 8) подається в сушарку (поз. 9) для осушування.

З сушарки готовий солод, пройшовши через ростковідбійну машину (поз. 10), ваги (поз. 11), накопичувальний бункер (поз. 12) самопливом надходить в силос елеватор (поз. 13) для зберігання і отлежки свіжого солоду.

Дроблення і затирання солоду.

Подальше виробництво пива здійснюється у варочному цеху. Ячмінний солод зважують на вагах з відкидним днищем (поз. 14). Кількість засипу, застосовуване для кожної варіння, точно реєструється. Це необхідно для внутрішньовиробничого контролю, оскільки використовується для розрахунку ефективності витраченого сировини (розрахунку виходу екстракту). Далі засип автотранспортом передають на виробництво пива в варильний цех.

Зерно з бункера (поз. 15) норією (поз. 16) піднімають у накопичувальний бункер (поз. 17, 18 і 19). Перед переробкою ячмінний солод пропускають через каменевідбірник, який підключений до системи аспірації. Дрібні камінчики величиною з зернятко при процесі дроблення пошкоджують рифл вальців дробарок і скорочують термін їх експлуатації. Далі йде видалення металевих домішок методом пропускання солоду через магнітні пастки (поз. 20). Очищення від металевих домішок перед дробленням дуже важлива, так як при утворенні іскор існує ймовірність вибуху солодової пилу і так само псування дробарок. Потім очищений солод потрапляє на автоматичні ваги (поз. 21), де відміряними порціями потрапляє в солододробилки (поз. 22).

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Солод необхідно подрібнити, щоб при затиранні дати ферментів солоду можливість впливати на речовини солоду та їх розщепити. Подрібнення здійснюється в чотирехвальцової дробарці. В ній солод потрапляє через живильний або розподільний валик на першу пару вальців і попередньо грубо дробиться. Цей помел першого проходу складається з 30% лушпиння з прилиплою великої крупкою, 50% крупки і 20% борошна. Потім, проходячи через вібросито, більш тонкі частинки відділяються і йдуть в бункер подрібнених зернопродуктів, звідки направляються на подальше помел.

Лушпиння звільняється від прилиплої великої крупки на другій парі вальців, після чого приблизний склад дорівнює 20% лушпиння, 50% крупки, 30% борошна. Потім подрібнений солод і несоложені матеріали через проміжні ємності (поз. 23) насосом (поз. 24) передаються у заторні апарати (поз. 25) (2 шт.) де відбувається затирання.

Затирання відбувається інфузним способом. Весь затор при підтримці пауз (від 45 до 50 °С – білкова пауза і пауза розщеплення β – глюкану; від 62 до 65 °С – мальтозна пауза; від 70 до 75 °С – пауза для оцукрювання; 78 °С – температура закінчення затирання) послідовно нагрівається до температури закінчення затирання, причому частини затору не кип'ятити.

Метою затирання є максимізація екстрагування цільових компонентів з дробленого солоду. До цільових компонентів відносяться цукор, декстрини, мінеральні речовини і деякі білки. До дробиних (нерозчинні органічні речовини, що входять до складу солоду) належать крохмаль, целюлоза, частина високомолекулярних білків та інші речовини, які по закінченні процесу фільтрування видаляються.

З економічних міркувань намагаються перевести більшість речовин в розчинні, щоб збільшити кількість екстракту. Але значення має не тільки кількісні, але і якісний склад екстракту, так як наявність дубильних речовин з оболонки дуже не бажано.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Процес затирання проходить у двох апаратах (заторний котел і заторний чан). Так як вони працюють спільно, їх називають заторним апаратом.

Заторний апарат виготовляють з нержавіючої сталі, але в зв'язку з низьким коефіцієнтом тепловіддачі дно виготовляють із чорної сталі, у внутрішній частині якої методом спільної прокатки наносять тонкий шар нержавіючої сталі (сталь, плакована).

Обігрів апарату проводиться за допомогою приварених у вигляді спіралі напівтруб, за якими подається підігріте пар з надлишковим тиском від 2 до 3 бари, потім, конденсуючись, віддає свою теплову енергію через стінки апарату. Утворився конденсат відводиться за допомогою конденсатовідвідника, який працює за принципом поплавкового затвора. Завдяки цьому надлишковий тиск у трубах системи обігріву зберігається, а конденсаційна вода відводиться без надлишкового тиску.

Затирання починається зі змішування помелу (засипу) з водою (наливом) і ретельним перемішуванням (без утворення грудок) при температурі запропонованої початку затирання, яка відповідає оптимальній температурі роботи початкової ферменту. Для цього спочатку у чан, заливають воду, а потім для отримання рівномірного перемішування, завантажують помел тонким струменем при одночасному пуску мішалки.

Співвідношення засипу і головного наливу є дуже важливим фактом, оскільки він визначає концентрацію першого сусла. При співвідношенні 1:3, тобто на 100 кг засипу 300 л наливу, виходить 20% перше сусло. Природно затор готують густішою, ніж необхідна екстрактивність початкового сусла, щоб потім можна було надіслати через дробину кількість води, достатня для її вилуговування і одночасного розведення сусла до необхідної масової частки сухих речовин. Тим самим від співвідношення при затиранні залежить склад сусла та тип пива. Для світлого пива слід вибирати від 300 до 400 л на 100 кг засипу. Тим самим досягається прискорення ферментативних реакцій.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для темного пива вибирають більш густе співвідношення від 300 до 350 л на 100 кг засипу.

При додаванні засипу виникають втрати із-за утворення пилу. Щоб знизити втрату в заторну трубу вбудовують змочувач. У цих пристроях вода з температурою, що дорівнює температурі початку затирання, рухається разом з помелом і при цьому відбувається перемішування без утворення грудок.

Число обертів мішалки повинно відповідати діаметру котла, а її окружна швидкість не повинна перевищувати 2 м/с (максимум 3 м/с), інакше в частинах затору виникають зусилля зсуву, які можуть змінити в небажану сторону колоїдний стан компонентів затору. Перекачування затору здійснюється насосом (поз. 26) з mash-up апарату в фільтраційний апарат (поз. 27) на фільтрацію.

Фільтрування затору.

Фільтраційний апарат виготовляють з нержавіючої сталі, ізолюючи бічні стінки для запобігання охолодження. Також приділяється особлива увага герметичності, щоб зробити по можливості доступ кисню мінімальним. Поява кисню на даній стадії згубно для подальшого виробництва пива. Сита в фільтраційному апараті виготовляють з нержавіючої сталі у вигляді зварних решіток з профільних елементів з щілинними отворами шириною від 0,7 до 0,9 мм, живий перетин яких становить до 12%, або у вигляді сіт з фрезерованими щілинними отворами 0,7480 мм з живим перетином від 8 до 10%. Допустима питома навантаження сита становить від 140 до 175кг/м². Сита розташовані на 20мм вище дна чана, що дозволяє шляхом розміщення під ситами розпилювальних форсунок без проблем промивати підсітовий простір. На дні є сусловідвідні отвори з випускним конусом (на 1м² площі дна чана, доводиться один сусловідвідний отвір).

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Фільтрування затору є процесом, при якому дробина бере на себе роль фільтруючого матеріалу. Фільтрування відбувається в дві основні фази, окремо наступні один за одним:

- збір першого сусла;
- вилуговування дробини шляхом вимивання затриманих в ній екстрактивних речовин промивною водою.

Спочатку йде витіснення забруднень і бульбашок повітря в апараті шляхом подачі гарячої води через розпилювальні форсунки, нагріваючи тим самим самі сита. Затор пропускається через фільтраційний апарат. Далі йде фільтраційна пауза, яка триває від 5 до 30 хвилин, в ході якої йде розшарування затору на 3 шари:

- нижній шар – тонкий шар крупнодисперсних і важких частинок;
- основний шар – самий товстий шар утворений дробиною;
- верхній шар – тонкий шар найбільш легких частинок затору.

Верхній шар перешкоджає рівномірному вилуговування, тому його розпушують. В результаті цього в апараті утворюється шар дробини, який буде виконувати функцію фільтра. Каламутне сусло заново фільтрують з подальшим промиванням.

Первинне сусло збирається і відводиться в сусловарочний апарат (поз. 31). Промивну воду від промивання дробини збирають у збірник (поз. 29), де підігрівають до температури від 76 до 78°C. Цю воду в міру потреби насосом (поз. 30) направляють на використання при затирання в заторні апарати (поз. 25) або на промивання дробини у фільтраційний апарат (поз. 27).

Дробину, яка залишилася після фільтрації, з фільтраційного апарату насосом (поз. 56) нагнітають в бункер (поз. 33). Частина дробини реалізується для потреб сільського господарства.

Варіння солоду.

Прозоре сусло і промивні води самопливом надходять в варильний цех в один з посудних сусловарочних апаратів (поз. 31, котел). Частота обертання

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

варильного апарату із застосуванням не солодженого сировини 23% від 6 до 7 об/добу.

Пар підводиться в парову сорочку, розташовану на зовнішній стінці дна апарату з надлишком тиску від 2 до 3 бар (при температурі від 133 до 143 °С). Пара віддає свою теплоту суслу і конденсується. Конденсовану воду відводять в парогенератор і знову використовують. При паровому обігріві йде рівномірний розподіл тепла. При кипінні на дні утворюються бульбашки, які проходячи крізь сусло, видаляють небажані леткі компоненти і викликає додаткове перемішування сусла.

Сусло інтенсивно кип'ятиться протягом від 1 до 2 годин з додаванням хмелю, який при спільному кип'ятінні надає пиву бажану гіркоту. Дуже важливо суворо стежити за дозуванням, моментом внесення чергової порції хмелю

Гаряче сусло з суслотварочного апарату (поз. 31), подається в хмелеотборний апарат (поз. 35) який за своєю будовою нагадує лійку з дрібною решіткою, на якій сусло зціджують, відокремлюючи хмільну дробину.

Далі гаряче сусло перекачують насосом (поз. 34) у чан турбулентний (поз. 37) для додаткової очистки від дробини. З турбулентного чана насосом (поз. 36) сусло направляють на пластинчасті теплообмінники (поз. 38).

Теплообмінники складаються з великої кількості тонких металевих пластин, розташованих паралельно. При цьому вузькі простору між пластинками служать для чергуються потоків сусла та охолоджуючої води. У цих апаратах температура сусла знижується до температури початку бродіння (від 5 до 6 °С), так як дріжджі здатні зброджувати сусло тільки при низьких температурах.

При тривалому перебуванні при проміжних температурах зростає небезпека розмноження шкідливих для пива мікроорганізмів. Під час процесу охолодження первісне прозоре сусло мутніє через утворення суспензій холодного сусла, які слід видаляти і проводити аерацію, що

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечить більш швидке бродіння і дозрівання сусла. Аерацію виробляють тільки при низьких температурах, інакше це призводить до сильного окислення, з-за якого підвищується кольоровість і з'являється нехарактерна гіркоту. Далі сусло направляється в бродильні чани (поз. 39).

Бродіння солоду.

У ток сусла з дріжджового відділення, через спеціальну ємність для завдання дріжджів (поз. 40), в бродильну ємність задаються насінневі дріжджі. Дріжджі рівномірно дозуються в перекачує сусло. Головне бродіння триває від 7 до 10 діб (в залежності від сорту пива). В процесі бродіння утворюється зайве тепло, яке постійно відводиться. Відведення тепла здійснюється через охолоджуючі сорочки при використанні прісної крижаної води охолодженою до +1 °С.

Після закінчення головного бродіння зелене пиво, попередньо охолоджене до +5°С, знімається з дріжджового осаду і прямує через теплообмінник (поз. 42) на доброджування в лагерні танки (поз. 43). Дріжджі з бродильних чанів направляються у ванну (поз. 41) дріжджового відділення для підробки і зберігання і подальшого багаторазового використання. Доброджування пива протікає в табірному підвалі при температурі від 0 до 3°С.

По закінченні процесу доброджування пиво проходить через сепаратор (поз. 44), де відбувається первинна фільтрація пива, а потім насосом перекачується на фільтр-прес (поз. 45) для більш детальної та точної фільтрації. Відфільтроване пиво додатково насичується вуглекислотою через карбонизатор (поз. 46), де потік вуглекислоти впорскують в потік пива. Розчинення діоксиду вуглецю в пиві спочатку нестійке, і стійкість зв'язування зростає через деякий час. У форфасном відділенні підтримується температура від 1 до 2 °С. З форфасов пиво надлишковим тиском видавлюється у моноблок (поз. 51) цеху пляшкового розливу або в цехах розливу пива в кеги.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розлив пива в пляшки.

По дорозі до моноблоку пиво проходить через пластичний теплообмінник (пастеризатор), де нагрівається до температури 80 °С і знову охолоджується. З допомогою машини для вилучення пляшки (поз. 48) склотара витягується з ящиків і контейнером подається в бутылкомоечную машину (поз. 49), де склотара проходить наступні технологічні стадії:

- повне спорожнення пляшок (видалення залишків);
- отмочка;
- лужна ванна;
- лужну шприцювання;
- проміжне шприцювання;
- шприцювання гарячою водою;
- шприцювання холодною водою;
- шприцювання свіжою водою.

Чиста пляшка через світловий екран (поз. 50) конвеєром подається до моноблоку (поз. 51), де наповнюється пивом і закупорюється кронен-пробкою. Далі через бракетажную машину (поз. 52), пастеризатор (поз. 53) і етикетировачную машину (поз. 54) подається на упаковку в поліетиленову плівку (поз. 55). Далі готова продукція відправляється на склад готової продукції, де зберігається при температурі від 10 до 20°С.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3 Розрахунок навантаження холодильного обладнання

Холод при виробництві пива відповідно до вищевикладеної технологічної схеми використовується в наступних процесах:

- охолодження гарячого сусла в пластинчастих теплообмінниках після процесу варіння солоду від температури 85 °С до 5 °С водою;
- охолодження бродильних ємностей (+5°С) протягом 8 діб з відведенням теплоти через охолоджуючі сорочки при використанні крижаної води;
- підтримання температурного режиму +2 °С в камері доброджування пива, процес доброджування триває 24 доби;
- підтримання температурного режиму +2 °С в камері форфасного відділення;
- охолодження пива в пластинчастих теплообмінниках після процесу пастеризації від температури 80 °С до 20 °С водою.

3.1 Охолодження гарячого сусла

Охолодження сусла в пластинчастих теплообмінниках здійснюємо крижаною водою, яка охолоджується в водоохолоджувачі (чіллере).

За 5 годин температура сусла знижується від 85 °С до 5 °С.

Теплоємність сусла при 85 °С $C_{c1}=3250$ Дж/(кг·К), при 5 °С $C_{c1}=3768$ Дж/(кг·К). Середня щільність сусла $\rho_c=1050$ кг/м³.

У відповідності з рецептурою, на 1 кг кінцевого продукту пива, необхідно 1.2 кг сусла. Маса кінцевого продукту пива 14000 кг.

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від сусла:

$$Q_1=G \cdot C_p \cdot \Delta t=14000 \cdot 1.2 \cdot (85 \cdot 3250-5 \cdot 3768)/(3600 \cdot 5)=250910 \text{ Вт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вода надходить після водоохолоджувача з температурою 2 °С, виходить з пастеризатора з температурою 7 °С. Необхідна витрата води на водоохолоджувач:

$$G_{в1}=250910/(4200 \cdot 5)=11.94 \text{ кг/с.}$$

3.2 Охолодження бродильних ємностей

Охолодження бродильних ємностей здійснюється відведенням теплоти від солоду до крижаній воді, яка циркулює всередині змішувача.

Для бродіння використовуються циліндричні металеві ємності із загальною місткістю 6000 кг.

При бродінні в результаті хімічних реакцій в солоді виділяється теплота з питомою щільністю $q_{бр}=613.8$ кДж/кг. Кількість теплоти, яка виділиться при бродінні: $Q_{бр1}=613.8 \cdot 6000=3862800$ кДж.

З урахуванням запасу вільного простору 10% обсяг одного циліндричного чану для бродіння складе $V_{чана}=6000 \cdot 1.1/1050=6.286$ м³

Приймаємо висоту чана $H_{чана}=3$ м, тоді діаметр чана складе:

$$D_{чана}=(6.286/(0.25 \cdot \pi))^{0.5}=1.7 \text{ м.}$$

Приймаємо з урахуванням теплової ізоляції пінополіуретаном товщиною 5 см усереднені коефіцієнти теплопередачі зовнішніх огорожень і температуру навколишнього повітря: $k_{огр}=0.4$ Вт/(м²·К), $t_{нар.ср.}=20$ °С. Площа зовнішньої поверхні ізольованих чанів: $F_{огр}=0.5 \cdot \pi \cdot 1.7^2 + \pi \cdot 1.7 \cdot 3=20.6$ м²

Теплопритокі у чани з навколишнього середовища:

$$Q_{окр.чан} = k_{огр} \cdot F_{огр} \cdot (t_{нар.ср.} - t_{кам}) = 0.4 \cdot 20.6 \cdot (20 - 5) = 124 \text{ Вт}$$

Бродіння солоду відбувається протягом 8 діб, тому для безперервності процесу в бродильному приміщенні буде встановлено 24 бродильних чана місткістю по 6.6 тонн. Загальне навантаження по крижаній воді складе: $Q_3=24 \cdot (Q_{бр1}/\tau + Q_{окр.чан}) = 24 \cdot (3862800000/(8 \cdot 24 \cdot 3600) + 124) = 137103$ Вт.

Витрата крижаної води:

$$G_{в1}=137103/(4200 \cdot 5)=6.53 \text{ кг/с.}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Підтримка температурного режиму +2 °С в камері доброджування пива

Для підтримання температурного режиму в камері доброджування пива буде встановлено пристінно-стельові повітроохолоджувачі. В якості холодильного агенту буде використаний R404a при температурі кипіння $t_0 = -5$ °С.

Для доброджування використовуємо 72 циліндричних ємностей, таких же розмірів, як і при бродінні солоду. З урахуванням технологічних відступів між цистернами і центрального коридору, приймаємо три камери доброджування пива з розмірами 18×12×5 м.

Приймаємо з урахуванням теплової ізоляції пінополіуретаном товщиною 5 см усереднені коефіцієнти теплопередачі зовнішніх огорожень і температуру навколишнього повітря: $\kappa_{\text{огр}} = 0.4$ Вт/(м²·К), $t_{\text{нар.ср.}} = 30$ °С.

Загальна площа зовнішньої поверхні камери:

$$F_{\text{огр}} = 2 \cdot (18 \cdot 5 + 12 \cdot 5 + 18 \cdot 12) = 129 \text{ м}^2.$$

Теплопритоки в камеру з навколишнього середовища:

$$Q_1 = \kappa_{\text{огр}} \cdot F_{\text{огр}} \cdot (t_{\text{нар.ср.}} - t_{\text{кам}}) = 0.4 \cdot 732 \cdot (30 - 2) = 8198 \text{ Вт}$$

Теплоємність пива при 5 °С $C_{\text{п}} = 3810$ Дж/(кг·К).

Теплопритоки, що надходять при зниженні температури пива від початкової +5 °С до кінцевої +2 °С:

$$Q_2 = (M/\tau) \cdot C_{\text{п}} \cdot \Delta t = (10000 / (24 \cdot 3600)) \cdot 3810 \cdot 3 = 1320 \text{ Вт}$$

Експлуатаційні теплопритоки в камеру приймаємо в розмірі 20% від основних.

Сумарні теплопритоки у камеру: $Q_{\text{кам1}} = 1.2 \cdot (8198 + 1320) = 11423$ Вт

Теплопритоки у три камери: $\sum Q_{\text{кам}} = 11423 \cdot 3 = 34269$ Вт

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлюємо у камерах по 2 стельових повітроохолоджувача холодопродуктивністю по 6 кВт. Для забезпечення роботи повітроохолоджувачів будуть підібрані компресорно-конденсаторні агрегати.

3.4 Підтримка температурного режиму +2 °С в камері форфасов

Форфаси встановлюємо у камері дображування пива. Таким чином, додаткові теплопритоки будуть відсутні.

3.5 Охолодження пива в пластинчастих теплообмінниках після процесу пастеризації

Охолодження пива в пластинчастих теплообмінниках здійснюємо також крижаною водою.

За час в 6 годин температура пива знижується від 80 °С до 20 °С.

Теплоємність пива при 85 °С $C_{c1}=3310$ Дж/(кг·К), при 20 °С $C_{c1}=3752$ Дж/(кг·К). Середня щільність пива $\rho_c=1010$ кг/м³.

Маса кінцевого продукту пива 15000 кг.

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від пива:

$$Q_1=G \cdot C_p \cdot \Delta t=15000 \cdot (80 \cdot 3310-20 \cdot 3752)/(3600 \cdot 5)=158133 \text{ Вт}$$

Основний час роботи цеха з 8.00 до 18.00. Тому необхідно поєднати процеси пастеризації-охолодження сусла перед потраплянням на бродіння та пастеризації-охолодження пива після форфасов перед розливом.

Сумарне навантаження на воодоохолоджувач:

$$Q_{\text{ч}}=250910+158133+137103=546146 \text{ Вт}$$

Сумарна витрата води на воодоохолоджувач:

$$G_{\text{с.г.}}=11.94+6.53+12.55=31 \text{ кг/с}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Альтернативна система охолодження

У даної схемі охолодження можливо використати альтернативні джерела охолодження, а саме атмосферні повітряні градирні, в яких можливо охолоджувати воду до температури, близької к температурі повітря по мокрому термометру. Охолодження сусла та пива після пастеризації починається з дуже високої температури, що дає можливість частину необхідної енергії відвести за рахунок оборотного водозабезпечення. У першому етапі температура продукту зніжується до температури близької к оборотної води, а потім продовжується зниження до розрахункової охолодження крижаною водою.

При охолодженні бродильних ємностей та камер дображування змін не передбачається.

3.7 Охолодження гарячого сусла

Охолодження сусла в пластинчастих теплообмінниках здійснюємо в 2 етапи.

У першому етапі за час в 3 години температура сусла знижується від 85 °С до 40 °С за рахунок використання оборотної прісної води, яка охолоджується в градирні.

Теплоємність сусла при 85 °С $C_{c1}=3250$ Дж/(кг·К), при 40 °С $C_{c1}=3625$ Дж/(кг·К), при 5 °С $C_{c1}=3768$ Дж/(кг·К). Середня щільність сусла $\rho_c=1050$ кг/м³.

У відповідності з рецептурою, на 1 кг кінцевого продукту пива, необхідно 1.2 кг сусла. Маса кінцевого продукту пива 15000 кг.

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від сусла в першому етапі:

$$Q_1=G \cdot C_p \cdot \Delta t=15000 \cdot 1.2 \cdot (85 \cdot 3250-40 \cdot 3625)/(3600 \cdot 3)=219298 \text{ Вт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вода надходить після градирень з температурою 35 °С, виходить з пастеризатора з температурою 38 °С. Необхідна витрата води на градирні:

$$G_{в1}=219298/(4200 \cdot 3)=17.36 \text{ кг/с.}$$

У другому етапі за час в 3 години температура суслу знижується від 40 °С до 5 °С за рахунок використання оборотної крижаної води, яка охолоджується в воодоохолоджувачі.

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від суслу у другому етапі:

$$Q_2=G \cdot C_p \cdot \Delta t=15000 \cdot 1.2 \cdot (40 \cdot 3625-5 \cdot 3768)/(3600 \cdot 3)=210272 \text{ Вт}$$

Вода надходить після воодоохолоджувача з температурою 2 °С, виходить з пастеризатора з температурою 7 °С. Необхідна витрата води на воодоохолоджувач:

$$G_{в1}=210272/(4200 \cdot 5)=10.01 \text{ кг/с.}$$

3.8 Охолодження бродильних ємностей

Охолодження бродильних ємностей здійснюється відведенням теплоти від солоду до крижаної води, яка циркулює всередині змішувача.

Для бродіння використовуються циліндричні металеві ємності із загальною місткістю 6000 кг.

При бродінні в результаті хімічних реакцій в солоді виділяється теплота з питомою щільністю $q_{бр}=613.8$ кДж/кг. Кількість теплоти, яка виділиться при бродінні: $Q_{бр1}=613.8 \cdot 6000=3862800$ кДж.

З урахуванням запасу вільного простору 10% обсяг одного циліндричного чану для бродіння складе $V_{чана}=6000 \cdot 1.1/1050=6.286$ м³

Приймаємо висоту чана $H_{чана}=3$ м, тоді діаметр чана складе:

$$D_{чана}=(6.286/(0.25 \cdot \pi))^{0.5}=1.7 \text{ м.}$$

Приймаємо з урахуванням теплової ізоляції пінополіуретаном товщиною 5 см усереднені коефіцієнти теплопередачі зовнішніх огорожень і температуру навколишнього повітря: $k_{огр}=0.4$ Вт/(м²·К), $t_{нар.ср.}=20$ °С. Площа зовнішньої поверхні ізольованих чанів: $F_{огр}=0.5 \cdot \pi \cdot 1.7^2 + \pi \cdot 1.7 \cdot 3=20.6$ м²

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплопритокі у чани з навколишнього середовища:

$$Q_{\text{окр.чан}} = K_{\text{огр}} \cdot F_{\text{огр}} \cdot (t_{\text{нар.ср.}} - t_{\text{кам}}) = 0.4 \cdot 20.6 \cdot (20 - 5) = 124 \text{ Вт}$$

Бродіння солоду відбувається протягом 8 діб, тому для безперервності процесу в бродильному приміщенні буде встановлено 24 бродильних чана місткістю по 6.6 тонн. Загальне навантаження по крижаній воді складе:

$$Q_3 = 24 \cdot (Q_{\text{бр1}}/\tau + Q_{\text{окр.чан}}) = 24 \cdot (3862800000 / (8 \cdot 24 \cdot 3600) + 124) = 137103 \text{ Вт.}$$

Витрата крижаної води:

$$G_{\text{в1}} = 137103 / (4200 \cdot 5) = 6.53 \text{ кг/с.}$$

3.9 Підтримка температурного режиму +2 °С в камері доброджування пива

Для підтримання температурного режиму в камері доброджування пива буде встановлено пристінно-стельові повітроохолоджувачі. В якості холодильного агента буде використаний R404a при температурі кипіння $t_0 = -5 \text{ °С}$.

Для доброджування використовуємо 72 циліндричних ємностей, таких же розмірів, як і при бродінні солоду. З урахуванням технологічних відступів між цистернами і центрального коридору, приймаємо три камери доброджування пива з розмірами 18×12×5 м.

Приймаємо з урахуванням теплової ізоляції пінополіуретаном товщиною 5 см усереднені коефіцієнти теплопередачі зовнішніх огорожень і температуру навколишнього повітря: $K_{\text{огр}} = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $t_{\text{нар.ср.}} = 30 \text{ °С}$.

Загальна площа зовнішньої поверхні камери:

$$F_{\text{огр}} = 2 \cdot (18 \cdot 5 + 12 \cdot 5 + 18 \cdot 12) = 129 \text{ м}^2.$$

Теплопритокі в камеру з навколишнього середовища:

$$Q_1 = K_{\text{огр}} \cdot F_{\text{огр}} \cdot (t_{\text{нар.ср.}} - t_{\text{кам}}) = 0.4 \cdot 732 \cdot (30 - 2) = 8198 \text{ Вт}$$

Теплоємність пива при 5 °С $C_{\text{п}} = 3810 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплопритоки, що надходять при зниженні температури пива від початкової +5 °С до кінцевої +2 °С:

$$Q_2=(M/\tau)\cdot C_p\cdot\Delta t=(10000/(24\cdot 3600))\cdot 3810\cdot 3=1320 \text{ Вт}$$

Експлуатаційні теплопритоки в камеру приймаємо в розмірі 20% від основних.

$$\text{Сумарні теплопритоки у камеру: } Q_{\text{кам1}}=1.2\cdot(8198+1320)=11423 \text{ Вт}$$

$$\text{Теплопритоки у три камери: } \sum Q_{\text{кам}}=11423\cdot 3=34269 \text{ Вт}$$

Встановлюємо у камерах по 2 стельових повітроохолоджувача холодопродуктивністю по 6 кВт. Для забезпечення роботи повітроохолоджувачів будуть підібрані компресорно-конденсаторні агрегати.

3.10 Підтримка температурного режиму +2 °С в камері форфасов

Форфаси встановлюємо у камері дображування пива. Таким чином, додаткові теплопритоки будуть відсутні.

3.11 Охолодження пива в пластинчастих теплообмінниках після процесу пастеризації

Охолодження пива в пластинчастих теплообмінниках здійснюємо в 2 етапи.

У першому етапі за час в 3 години температура пива знижується від 80 °С до 40 °С за рахунок використання оборотної прісної води, яка охолоджується в градирні.

Теплоємність пива при 85 °С $C_{c1}=3310$ Дж/(кг·К), при 40 °С $C_{c1}=3670$ Дж/(кг·К), при 20 °С $C_{c1}=3752$ Дж/(кг·К). Середня щільність пива $\rho_c=1010$ кг/м³.

Маса кінцевого продукту пива 15000 кг.

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від пива на першому етапі:

$$Q_1=G\cdot C_p\cdot\Delta t=15000\cdot(80\cdot 3310-40\cdot 3670)/(3600\cdot 3)=163889 \text{ Вт}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вода надходить після градирень з температурою 35 °С, виходить з пастеризатора з температурою 38 °С. Необхідна витрата води на градирні:

$$G_{в1}=163889/(4200 \cdot 3)=13.01 \text{ кг/с.}$$

У другому етапі за час в 3 години температура пива знижується від 40 °С до 20 °С за рахунок використання оборотної крижаної води, яка охолоджується в воодоохолоджувачі (чіллер).

Кількість теплоти, яку необхідно відвести від пива на другому етапі:

$$Q_2=G \cdot C_p \cdot \Delta t=15000 \cdot (40 \cdot 3670-20 \cdot 3752)/(3600 \cdot 3)=99668 \text{ Вт}$$

Вода надходить після чіллера з температурою 2 °С, виходить з пастеризатора з температурою 7 °С. Необхідна витрата води на чіллер:

$$G_{в1}=99668/(4200 \cdot 5)=4.75 \text{ кг/с.}$$

Основний час роботи цеха з 8.00 до 16.00. Тому необхідно поєднати процеси пастеризації-охолодження суслу перед потраплянням на броження та пастеризації-охолодження пива після форфасов перед розливом.

Сумарне навантаження на градирні:

$$Q_{с.г.}=218754+163892=382736 \text{ Вт}$$

Сумарна витрата води на сухі градирні:

$$G_{с.г.}=17.36+13.01=30.37 \text{ кг/с}$$

Сумарне навантаження на воодоохолоджувач:

$$Q_{ч}=210272+99668+137103=447043 \text{ Вт}$$

Сумарна витрата води на воодоохолоджувач:

$$G_{с.г.}=20.89 \text{ кг/с}$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Тепловий розрахунок холодильної системи

Теплопритокі у три камери дображування: $\sum Q_{\text{кам}}=34269$ Вт. На всі камери буде встановлено компресорно-конденсаторний агрегат.

Необхідна потужність охолодження компресора агрегату, що забезпечує роботу повітроохолоджувачів, при температурі кипіння хладону -5 °С, з урахуванням втрат холоду в магістральних трубопроводах 2% і коефіцієнта часу роботи компресорів 0.85:

$$Q_{0 \text{ комп}}=1.02 \cdot \sum Q_{\text{кам}}/0.85=1.02 \cdot 34269/0.85=41122 \text{ Вт}$$

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

$$t_{\text{к}}=32+10=42 \text{ °С}$$

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

Компресора будуть використані напівгерметичні, тому сумарний перегрів на всмоктуванні приймаємо з урахуванням підігріву на обмотках компресора $\Theta=20$ К.

При роботі на хладони R404a, який використовуватиметься як холодильний агент, немає необхідності в додатковому перегріві на всмоктуванні, для забезпечення безпечної роботи компресорів, тому регенеративний теплообмінник в системі відсутній.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий розрахунок буде проводитися за наступними даними:

- температура кипіння R404a $t_0 = -6 \text{ }^\circ\text{C}$;
- потрібна холодопродуктивність $Q_{0 \text{ комп}} = 41.2 \text{ кВт}$;
- температура конденсації агента $t_k = 42 \text{ }^\circ\text{C}$;
- сумарний перегрів на всмоктуванні $\Theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- переохолодження після конденсатора $\Delta t_{\text{по}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

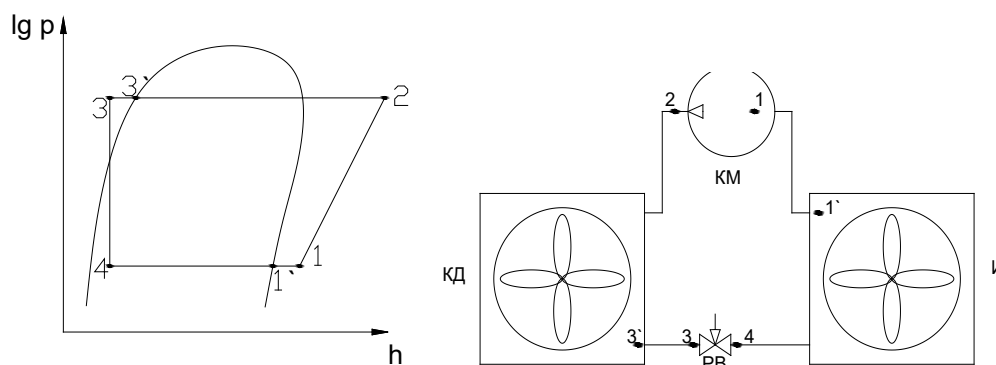


рис. 4.1 – Термодинамічний цикл і умовна схема холодильної машини

Процеси, відбиті в циклі:

- 1-2 – стискання в компресорі;
- 2-3 – конденсація;
- 3-4 – дроселювання агенту;
- 4-5 – кипіння у випарнику;
- 1'-1 – перегрів на всмоктуванні;
- 3'-3 – переохолодження після конденсатора.

Таблиця 4.1 – Розрахункові дані циклу холодильної машини

	1'	1	2	3	4
$t, \text{ }^\circ\text{C}$	-6	14	80	38	-6.3
$P, \text{ бар}$	5	5	19	19	5
$h, \text{ кДж/кг}$	366	384	413	258	258
$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	-	0.045	-	-	

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 366 - 258 = 108 \text{ кДж/кг} \quad (4.1)$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 108 / 0.045 = 2400 \text{ кДж/м}^3 \quad (4.2)$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l = h_2 - h_1 = 413 - 384 = 29 \text{ кДж/кг} \quad (4.3)$$

Масова витрата агента:

$$M_a = Q_0 / q_0 = 41.2 / 108 = 0.38 \text{ кг/с} \quad (4.4)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0.38 \cdot 0.045 = 0.017 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.5)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_c = 1 - 0.03 \cdot [(P_k / P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0.03 \cdot [(19/5) - 1] = 0.916 \quad (4.6)$$

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

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

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h = V_d / \lambda = 0.017 / 0.72 = 0.024 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.7)$$

Адiabатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l = 0.38 \cdot 29 = 11.02 \text{ кВт} \quad (4.8)$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Індикаторний ККД компресора:

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot t_0 = 0.79 - 6 \cdot 0.001 = 0.784 \quad (4.9)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / \eta_i = 11.02 / 0.784 = 14.06 \text{ кВт} \quad (4.10)$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{тр} = 0.024 \cdot 40 = 0.96 \text{ кВт}, \quad (4.11)$$

де $P_{тр}$ - середній тиск тертя, приймаємо для хладонових компресорів

$$P_{тр} = 40 \text{ кПа.}$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 14.06 + 0.96 = 15.02 \text{ кВт} \quad (4.12)$$

Електрична потужність компресора:

$$N_{эл} = N_e / \eta_{эл} = 15.02 / 0.9 = 16.7 \text{ кВт}, \quad (4.13)$$

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунок повітроохолоджувача

У розрахунку використовуються наступні дані:

- холодопродуктивність апарату $Q_0=6000$ Вт;
- температура повітря камери $t_k=2$ °С;
- відносна вологість повітря камери $\phi_k=0.9$;
- швидкість повітря в живому перетині $V_B=3$ м/с;
- форма ребра – кругле;
- матеріал труб сталь $\lambda_{тр}=50$ Вт/(м·К), $d_H=0.02$ м, $d_{вн}=0.016$ м;
- матеріал ребер алюміній $\lambda_p=150$ Вт/(м·К),
- крок ребер $u=0.008$ м, висота ребра $h_p=0.02$ м, товщина ребра у підстави $\delta_{op}=0.002$ м, у вершини $\delta_{вр}=0.0006$ м діаметр ребра $D_p=0.063$ м;
- температура кипіння агента (R 404a) $t_0=-6$ °С;
- товщина інею, що осів $\delta_i=0.0015$ м, $\lambda_i=0.2$ Вт/(м·К).

Розрахунок

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

Температура на виході з апарату:

$$t_B=t_k-\Delta t=2-2=0 \text{ °С}$$

Середня температура повітря:

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

Задаємося середньою температурою поверхні ПО, покритою інеєм:

$$t_{п}=-2.9 \text{ °С.}$$

По таблицях визначаємо вологосодержание насиченого повітря при:

$$t_k- d_k''=0.0044 \text{ кг/кг; } t_{п}- d_{п}''=0.003 \text{ кг/кг; } t_B- d_B''=0.0038 \text{ кг/кг.}$$

Вологовміст повітря в камері при t_k по таблиці $d_k=0.0039$ кг/кг

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вологовміст на виході з повітряохолоджувача:

$$d_B = d_K - (d_K - d_{II}^{``}) \cdot (t_K - t_B) / (t_K - t_{II}) \quad [\text{кг/кг}] \quad (5.1)$$

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

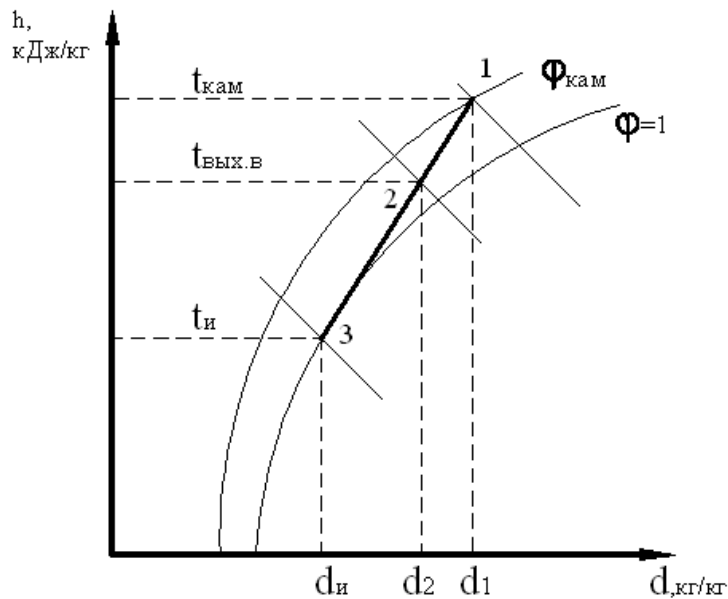


рис. 5.1 – Процес обробки повітря у повітряохолоджувачі в h-d діаграмі.

Відносна вологість на виході з апарату:

$$\varphi_B = d_B / d_B^{``} = 0.0035 / 0.0038 = 0.93$$

Ентальпія повітря визначається по формулі:

$$h = 1.006 \cdot t + (2835 + 2.09 \cdot t) \cdot d \quad [\text{кДж/кг}] \quad (5.2)$$

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

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

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Поперечний і подовжній крок труб при коридорній компоновці:

$$S_1=S_2=D_p+2\cdot\delta_i+0.003=0.063+2\cdot0.0015+0.003=0.069 \text{ м}$$

Геометричні параметри прийнятого ребристого елемента.

Зовнішня поверхня ребра:

$$f_p=0.5\cdot\pi\cdot(D_p^2-d_n^2)+\pi\cdot D_p\cdot\delta_{вр}=0.5\cdot\pi\cdot(0.063^2-0.02^2)+\pi\cdot0.063\cdot0.0006=$$
$$=5.7\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{тр}=\pi\cdot d_n\cdot(u-\delta_{ор})=3.14\cdot0.02\cdot(0.008-0.0002)=3.77\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн}=\pi\cdot d_{вн}\cdot u=3.14\cdot0.016\cdot0.008=4\cdot10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{п}=f_p+f_{тр}=(5.7+3.77)\cdot10^{-3}=6.1\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт обрешітлення:

$$\beta=f_{п}/f_{вн}=6.1/0.4=15.2$$

Ступінь обрешітлення:

$$\phi=f_{п}/(\pi\cdot d_n\cdot u)=6.1/(\pi\cdot0.02\cdot0.008)=12.14$$

Умовний ступінь обрешітлення:

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

Геометричні характеристики поверхні інею.

Зовнішня поверхня інею на ребрі:

$$f_{рi}=0.5\cdot\pi\cdot[(D_p+2\cdot\delta_i)^2-(d_n+2\cdot\delta_i)^2]+\pi\cdot(D_p+2\cdot\delta_i)\cdot(\delta_{вр}+2\cdot\delta_i)=0.5\cdot\pi\cdot$$
$$\cdot[(0.053+2\cdot0.0015)^2-(0.02+2\cdot0.0015)^2]+\pi\cdot(0.063+0.003)\cdot(0.0006+0.003)=$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$=6.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами:

$$f_{\text{тр і}} = \pi \cdot (d_{\text{н}} + 2 \cdot \delta_{\text{і}}) \cdot (u - \delta_{\text{ор}} - 2 \cdot \delta_{\text{і}}) = 3.14 \cdot (0.02 + 0.003) \cdot (0.008 - 0.0002 - 0.003) = 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня інею на ребристому елементі:

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

Коефіцієнт обребрення поверхні, покритої інеєм:

$$\beta_{\text{і}} = f_{\text{і}} / f_{\text{вн}} = 7 / 0.4 = 17.3$$

Площа `живого` перетину одного ребристого елемента з інеєм:

$$f_{\text{ж}} = (S_1 - d_{\text{н}} - 2 \cdot \delta_{\text{і}}) \cdot u - 2 \cdot h_{\text{р}} \cdot [0.5 \cdot (\delta_{\text{вр}} + \delta_{\text{ор}}) + 2 \cdot \delta_{\text{і}}] = (0.069 - 0.02 - 0.003) \cdot 0.008 - 2 \cdot [0.5 \cdot (0.0006 + 0.0002) + 0.003] = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Теплообмін з боку повітря.

Теплофізичні властивості повітря при $t_{\text{с}}$:

- кінематична в'язкість $\nu_{\text{в}} = 13.28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{в}} = 0.0244 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- число Прандтля $Pr_{\text{в}} = 0.707$;
- щільність $\rho_{\text{в}} = 1.293 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Коефіцієнт волого випадіння визначається по формулі:

$$\xi = 1 + (d_{\text{к}} \cdot \varphi_{\text{к}} - d_{\text{п}}) \cdot (2835 - 2.09 \cdot t_{\text{п}}) / [(1.006 + 1.87 \cdot d_{\text{п}}) \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{п}})] \quad (5.3)$$

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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

Визначальний розмір:

$$L_0 = d_H / \beta_H + (1 - \beta_H^{-1}) [0.785 \cdot (D_p^2 - d_H^2)]^{0.5} \quad (5.4)$$

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

Число Рейнольдса:

$$Re_B = w_B \cdot L_0 / \nu_B \quad (5.5)$$

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

Число Нуссельта:

$$Nu_B = 0.18 \cdot C_s \cdot C_z \cdot Re_B^{0.65} \cdot \beta_H^{0.07} \cdot \beta_H^{-0.7} \quad (5.6)$$

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

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

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні повітроохолоджувача до повітря:

$$\alpha_B = Nu_B \cdot \lambda_B / L_0 \quad (5.7)$$

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведений коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{в пр}=[(\alpha_{в \cdot \xi})^{-1}+\delta_i/\lambda_i]^{-1} \quad (5.8)$$

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

Умовна висота ребра:

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

Безрозмірний комплекс

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

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = [\tanh(mh')] / mh' \quad (5.9)$$

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

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра:

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

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{в пр}' = \alpha_{в пр} \cdot (f_p \cdot E \cdot \psi + f_{тр}) / f_{п} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (5.10)$$

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_B = \alpha_B \cdot \xi \cdot \beta_i \cdot (t_c - t_n) \quad [\text{Вт}/\text{м}^2] \quad (5.11)$$

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

Коефіцієнт тепловіддачі в трубах апарату:

$$\alpha_0 = 32 \cdot \omega \rho^{0.47} \cdot q_B^{0.15} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (5.12)$$

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

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

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні інею:

$$K_{ні} = [\beta_i / \alpha_0 + 1 / \alpha_{впрі} + \phi \cdot (0.5 \cdot (d_n - d_{вн}) / \lambda_T)]^{-1} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (5.13)$$

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

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні сухої поверхні:

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

Перевіряємо раніше прийняту температуру поверхні апарату:

- щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею:

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

- розрахункова різниця температур:

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур:
 $\varepsilon = [|\Delta t_p - (t_c - t_n)| / \Delta t_p] \cdot 100\% = |[4.02 - (1 + 2.9)] / 4.02| \cdot 100\% = 3\%$

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

$$F_H = Q_0 / [K_H \cdot (t_c - t_0)] = 6000 / (10.67 \cdot 7) = 80 \text{ м}^2$$

Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача.

Конструктивно проєктований повітроохолоджувач складатиметься з двох однакових теплообмінних секцій, через які прокачуватиметься вентиляторами тепле повітря. Відповідно, холодопродуктивність і зовнішня площа кожної секції складатиме половину від розрахункових.

Об'ємна витрата повітря через секцію повітроохолоджувача:

$$V_B = Q_0 \cdot 10^{-3} / [\rho_B \cdot (h_K - h_B)] \quad (5.14)$$

$$V_B = 3 / [1.29 \cdot (13.08 - 9.99)] = 0.75 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

Мінімальний `живий` перетин повітроохолоджувача:

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

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

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

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

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

Число труб у фронтальному перетині пучка з округленням до цілого:

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

Приймаємо дійсне число труб $z_1=5$ шт

Дійсна ширина і довжина секції:

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

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

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

Розрахункові параметри теплообмінної поверхні:

- сумарна довжина труб апарату:

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

- площа зовнішньої поверхні:

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

- глибина секції:

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

Перевірка по аеродинамічному опору.

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

$$\Delta P=0.26 \cdot C_Z \cdot C_L \cdot C_t \cdot (\omega p)^{1.92} \quad (5.15)$$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Еквівалентний діаметр: $d_3=2 \cdot [u \cdot (S_1-d_n) - 2 \cdot \delta_p \cdot h_p] / (2 \cdot h_p + u) =$
 $= 2 \cdot [0.008 \cdot (0.069 - 0.02) - 2 \cdot 0.0013 \cdot 0.02] / (2 \cdot 0.02 + 0.008) = 0.014 \text{ м}$

Коефіцієнт, що враховує лінійні розміри ребер:

$$C_L = L_0^{0.22} / d_3^{0.3} = 0.051^{0.22} / 0.014^{0.3} = 1.87$$

Коефіцієнт, що враховує фізичні властивості повітря:

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

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

Т.ч.

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

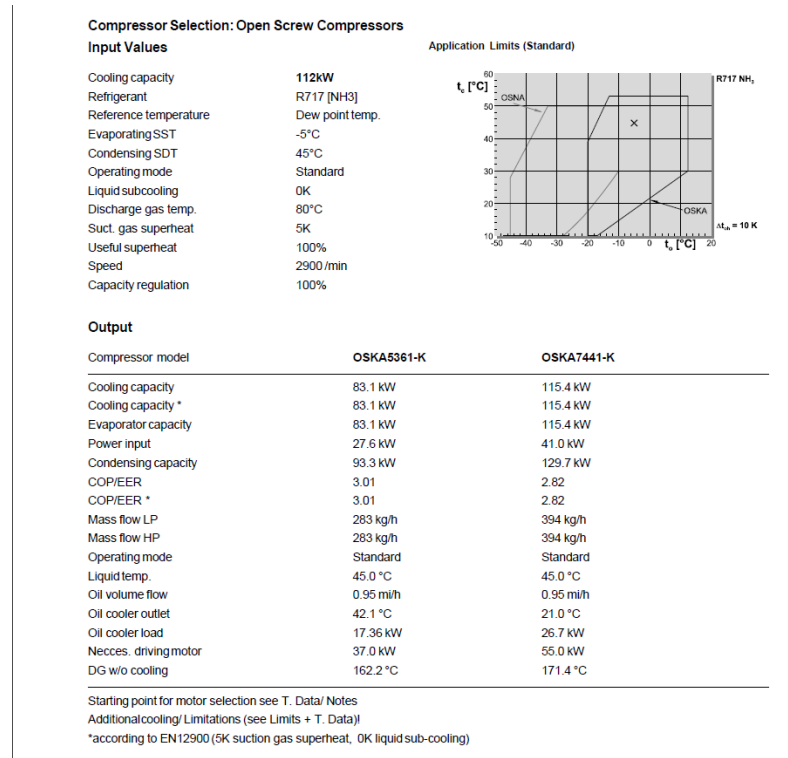
При виборі вентилятора натиск був прийнятий 120 Па, звідки витікає, що вибраний тип вентилятора забезпечить нормальну циркуляцію повітря через теплообмінну поверхню.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.7	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

6 Підбір основного та допоміжного устаткування

В першому варіанті для вироблення необхідної кількості крижаної потрібен водоохолоджувач з холодопродуктивністю $Q_c=546146$ Вт.

За даними параметрами здійснюємо підбір компресорів для одноступеневої холодильної машини, яка буде забезпечувати охолодження в пластинчатих теплообмінниках необхідної кількості крижаної води.



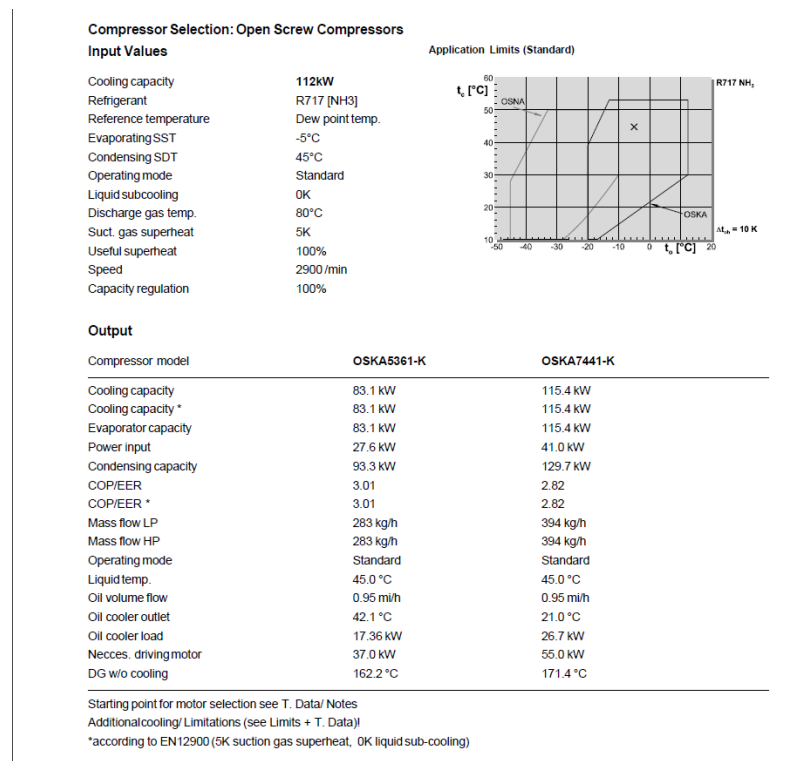
До складу холодильної машини входить 5 гвинтових аміачних компресора OSKA7441-K продуктивністю по 115.4 кВт кожний.



Рис. 6.1 – Гвинтовий аміачний компресор OSKA5341-K

В другому варіанті для вироблення необхідної кількості крижаної потрібен водоохолоджувач з холодопродуктивністю $Q_{\text{ч}}=447043$ Вт.

За даними параметрами здійснюємо підбір компресорів для одноступеневої холодильної машини, яка буде забезпечувати охолодження в пластинчатих теплообмінниках необхідної кількості крижаної води.



До складу холодильної машини входить 4 гвинтових аміачних компресора OSKA7441-K продуктивністю по 115.4 кВт кожний.

Для зняття первинного перегріву продукту після пастеризації в схемі будуть використані сухі градирні, підбір яких здійснюємо по розрахунковому навантаженні $Q_{с.г.}=383$ кВт. Підбираємо дві градирні фірми Гюнтер.

Характеристики градирні.



Дата: 2019-11-19
 Запрос от:
 Проект:
 № предложения:
 Позиция:
 Контактное лицо:



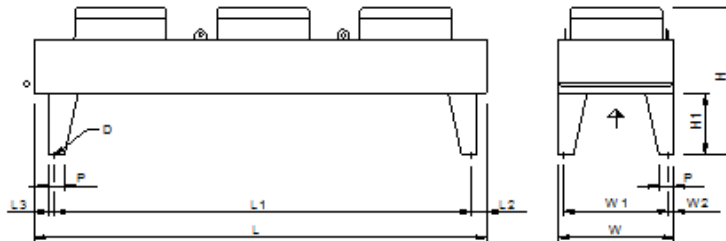
Сухой охладитель GFHV WD 100.20F/13A-60

Мощность:	200.0 kW	Среда:	Вода (R718) ⁽¹⁾
Резерв поверхности:	-7.8 %	Вход:	45.0 °C
Объемн. расход возд.:	85387 m³/h	Выход:	40.0 °C
Воздух на входе:	32.0 °C	Потери давления:	0.57 bar
Высота над ур. моря	0 m	Объемный расход:	34.77 m³/h
Вентиляторы (AC):	3 Шт. 3~400V 50HzΔ(Y)	Уровень звукового давления:	60 dB(A) ⁽²⁾
Технические характеристики вент. узла:		на расстоянии:	10.0 m
Скор. вращ.:	930 min-1 / (770 min-1)	Уровень звуковой мощности:	92 dB(A)
Мощность (эл.):	2.48 kW	ErP:	Compliant ⁽³⁾
Потребл. ток:	5.63 A ⁽⁴⁾		

Общее потребл. эл. энергии:	7.47 kW	класс энергетич. эффективности:	E (2014)
Корпус:	Оцинк. сталь, RAL 7035	Трубы:	Медь ⁽⁵⁾
Площадь пов-ти:	602.7 m²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁵⁾
Объем труб:	81.2 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	2.40 mm	Вход:	88.9 * 2.00 mm
Вес (пустой):	750 kg ⁽⁶⁾	Выход:	88.9 * 2.00 mm
Макс. рабочее давление:	10.0 bar	PED classification:	Art 4, par. 3 ⁽⁷⁾
		Нходов:	2

Размеры:⁽⁶⁾

L = 6990 mm
 W = 1141 mm
 H = 1438 mm
 H1 = 600 mm
 L1 = 6650 mm
 L2 = 197 mm
 L3 = 52 mm
 P = 150 mm
 W1 = 1037 mm
 W2 = 52 mm
 D = 17 mm



Внимание: схема и размеры распространяются не на все комплектующие!

Uf: 538.0 BTB 21W.074.001F.M

Прайс-лист (на условиях EXW):

Стоимость аппарата:	1	10717.00 EUR	10717.00 EUR
Всего (прайс-лист без НДС, включ. упаковку)			10717.00 EUR

Условия поставки:

Условия оплаты:

Срок изготовления: 10 недель⁽⁸⁾ (Состояние: 2017-12-20)

Срок действия предл.:

Действуют наши стандартные условия оплаты и поставки!

Important remarks / explanatory notes:

- (1) Fluid group 2 according to pressure equipment directive 2014/68/EU
- (2) При использовании метода охвата вращающейся поверхности согласно норм EN 13487
- (3) This unit is equipped with fans that meet the efficiency requirements of Directive 2009/125/EC (ErP Directive).
- (4) Потребляемый ток может изменяться в зависимости от температуры воздуха и подаваемого напряжения (согласно норм VDE).
- (5) Необходимо проверить, годится ли Выбранный Вами материал для необходимого места установки.
- (6) Размеры и вес действительны не для всех возможных вариантов! Они могут отличаться для аппаратов специальных (S-) и с опциями.
- (7) Piping (DN = 84.9 mm, TSmak = 100 °C, Жидкость). Final classification according to pressure equipment directive 2014/68/EU during order processing.
- (8) Срок поставки для серийных аппаратов с завода поставщика, без срока транспортировки. Сроки поставки для аппаратов с прилагаемыми к заказу чертежами, для аппаратов и комплектующих особого исполнения, а также в большом количестве по запросу.

GFC EU Salesnet, 2018.1-15/2017-12-19, PL 1/2018 · Updated · Страна из 1 из 1 · MTO · GFHVWD 100.20F/13A-60-BTB 21W.M/M1

										Арк.
										47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8					

Для забезпечення роботи градирень необхідно також встановити водяні насоси.

Підбір насосів здійснимо по потрібним витратам, які ми отримали відповідно тепловому навантаженню.

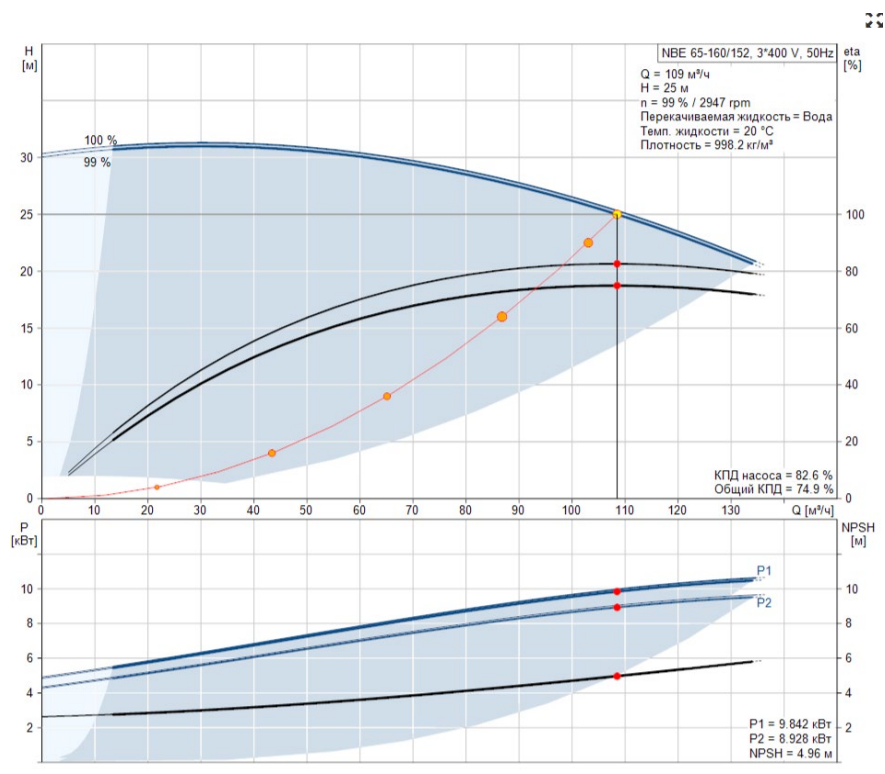
- на пастеризатори в кільце с водоохолоджувачем с потрібною витратою 20.89 л/с приймаємо один основний та один резервний насос фірми Grundfos NBE 65-160/144.



Рис. 6.2 – Насос Grundfos NBE

- на пастеризатори в кільце с градирнею с потрібною витратою 30.37 л/с приймаємо один основних та один резервний насос фірми Grundfos NBE 65-160/152.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Встановлена потужність насоса 2.2 кВт.

У якості системи відводу теплоти конденсації використовуємо випарний конденсатор, підбираємо конденсатор фірми Baltimor VXC-650

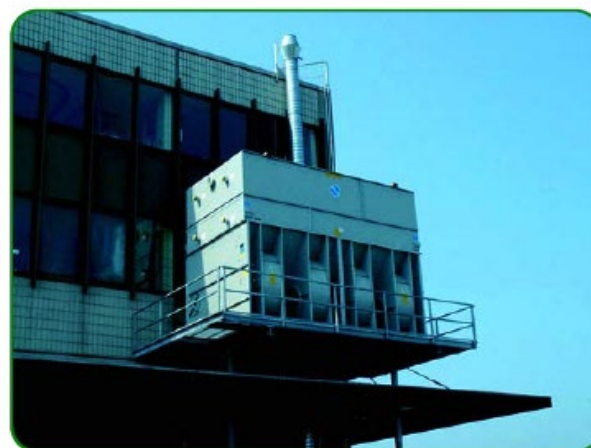


рис. 6.3 – Випарний конденсатор VXC

Для забезпечення роботи повітроохолоджувачів, які працюють у камерах дображування пива підбираємо компресорно-конденсаторний агрегат.

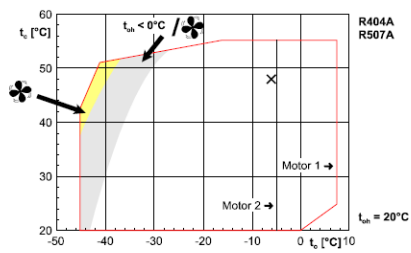
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Compressor Selection: Condensing Units

Input Values

Cooling capacity	42kW
Series	Standard
Refrigerant	R404A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-6°C
Ambient temp.	32°C
Suction gas temperature	20°C
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	100%
Capacity regulation	100%

Application Limits



Output

Unit type	LH135/ 4J-22.2Y-40P	LH135/ 4H-25.2Y-40P
Cooling capacity	37.1 kW	41.1 kW
Evaporator capacity	37.1 kW	41.1 kW
Power input*	16.00 kW	19.05 kW
Current (400V)	26.6 A	31.7 A
Voltage range	380-420V	380-420V
Mass flow	1125 kg/h	1288 kg/h
Condensing SDT	48.1 °C	50.3 °C
Liquid subcooling	3.00 K	3.00 K
Operating mode	Standard	Standard

*Power input compressor, power input fan see "T. Data"

Вибираємо компресорно-конденсаторний агрегат фірми Bitzer
LH135/4H-25.2Y-40P.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8

Арк.

50

7 Розрахунок магістральних трубопроводів

У якості учбового здійснюємо розрахунок трубопроводів для хладонової системи, яка забезпечує роботу повітроохолоджувачів в камерах дображування пива. Розрахункові данні приймаємо по тепловому розрахунку.

Об'ємна витрата агента:

$$V_a = M_a / \rho, \text{ [м}^3/\text{с]}, \quad (6.3)$$

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

Діаметр трубопроводу, що розраховується:

$$d = 1.13 \cdot (V_a / w)^{0.5}, \text{ [м]}, \quad (6.4)$$

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

Нагнітальний трубопровід для компресора:

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

$$V_a = 0.38 / 86.6 = 0.0044 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0044 / 14)^{0.5} = 0.02 \text{ м}.$$

Приймаємо на нагнітанні мідну трубу 22×1

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всмоктуючий трубопровід для компресора:

При $t_1 = -6^\circ\text{C}$ и $P_0 = 5$ бар визначаємо щільність агента $\rho_1 = 24.4$ кг/м³.

$$V_a = 0.38 / 24.4 = 0.016 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.016 / 13)^{0.5} = 0.039 \text{ м.}$$

Приймаємо на всмоктуванні мідну трубу 42×1.5.

Трубопровід на сливі від конденсаторів до ресівера:

При $t_3 = 37^\circ\text{C}$ и $P_k = 19$ бар визначаємо щільність агента $\rho_3 = 964$ кг/м³.

$$V_a = 0.38 / 964 = 0.00039 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.00039 / 1)^{0.5} = 0.022 \text{ м.}$$

Приймаємо на рідинному зливі мідну трубу 28×1.5.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Охорона праці

Аналіз небезпек на хладонових холодильних установках.

Властивості хладона-R-404А.

Хладон безбарвний газ з дуже слабким специфічним запахом, який починає відчуватися при змісті в повітрі більше 20% об'єму. При температурі вище 400 °С він розкладається з утворенням хлористого і фтористого водню і невеликої кількості фторфосгена. Тому застосовувати відкрите полум'я і палити в приміщенні заборонено. Хладон R-404А не горить, в суміші з повітрям не запалає і не вибухає. Щільність хладону R-404А приблизно в чотири рази більше щільності повітря, тому при великих витоках він витісняє повітря з приміщень і викликає задуху. Хладон R-404А відноситься до 5-го класу шкідливості. Важка поразка настає при 25-30 % змісті і тривалості перебування 1 години.

Категорія приміщень по вибуховопожежної і пожежній безпеці.

По вибуховопожежній небезпеці хладонові установки відносяться до категорії Д. Категорія Д – це виробництва, в яких обробляються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (цех холодної обробки матеріалів і так далі).

По вибухонебезпеці приміщення хладонових установок відносяться до нормальних (невибухонебезпечним).

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Організація заходу щодо безпечної експлуатації хладонових холодильних установок.

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

Адміністрація підприємства забезпечує холодильну установку необхідним штатом персоналу. На підприємстві наказом призначається особа, відповідальна за справний стан, правильну і безпечну експлуатацію холодильної установки. Відповідальна особа реєструє холодильні апарати (судини), веде нагляд за ними в процесі експлуатації, проводить їх технічний огляд.

Стажування проводиться під керівництвом досвідчених наставників. Мета стажування – придбання практичних навиків в експлуатації установки підприємства.

Контроль над станом хладонової холодильної установки і дотриманням правил пристрою і безпечної експлуатації неможливий без своєчасного і правильного оформлення наступної документації: добового журналу роботи компресорного цеху, журналу реєстрації інструктажу на робочому місці, актів на опломбування запобіжних клапанів, книги обліку і огляду апаратів, паспортів судин, плану ліквідації аварій. Всі інструкції доводять до зведення машиніста холодильної установки під розписку.

Основні вимоги, що пред'являються до приміщень хладонових холодильних установок. Склад побутових приміщень, їх розміри залежать від характеру виробництва. При розміщенні побутових приміщень необхідно санітарні розриви. Вони повинні бути обладнані: водопроводами, каналізаціями, опалюванням і вентиляцією.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Дії обслуговуючого персоналу хладонових холодильних установок в аварійній ситуації.

У разі порушення герметичності холодильної системи обслуговуючий персонал повинен відключити живлення всіх електродвигунів установки за допомогою кнопок екстреного відключення, надати потерпілим долікарську допомогу. На компресорах перекривають нагнітальні і всмоктуючі вентиля, на апаратах - вентиля на трубопроводах, що підводять та відводять хладон.

У разі виникнення пожежі невіддатливого усуненню наявними засобами, відключають установку від живлення з підстанції, гасять вогнища пожежі відповідно до інструкції, що визначає поведінку обслуговуючого персоналу при пожежогасінні.

Вимоги до розміщення устаткування і прокладки технологічних трубопроводів.

Всі частини холодильної установки, що містять хладон, за винятком апаратів, встановлених поза будівлею, а також випарниками установок кондиціонування з системою безпосереднього охолодження розташовані в спеціальному відділенні висотою 4,5 м. Дозволяється встановлювати в тому ж машинному відділенні кондиціонери, що обслуговуються цією установкою.

Допускається розміщення холодильних установок в комбінованому машинному відділенні, за умови що в цьому приміщенні знаходиться тільки персонал минулий інструктаж по техніці безпеки на хладонових

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

холодильних установках, і що в установці на 1 м³ об'єму цього приміщення міститься не більш 0.35 кг хладону R 404A.

Машини, апарати і трубопроводи в місцях, де вони можуть піддаватися ударам, повинні бути захищені.

Трубопроводи повинні мати можливість вільного температурного подовження, під впливом якого не повинно бути деформації і порушення фланцевих з'єднань трубопроводів, а також сполучених з ними машин і апаратів .

Вимоги до оснащення холодильних установок приладами автоматичного контролю і захисту.

Кожна хладонова холодильна установка повинна забезпечуватися реле тиску, який зупиняє компресор у разі підвищення надмірного тиску нагнітання для хладону R-404A до величини що знаходиться в межах від 12 до 20 кгс/см² .

На кожному компресорі повинне бути встановлене реле контролю мастила, що зупиняє компресор у разі пониження тиску в системі мастила до нижньої допустимої межі.

Компресори з водяною сорочкою охолодження повинні забезпечуватися автоматичним приладом. Випарники хладонових холодильних установок повинні бути забезпечені автоматичними приладами, регулюючими заповнення випарників, що забезпечують припинення подачі рідкого хладону при зупинці компресора.

Установки з кожухотрубним випарником повинні бути забезпечені автоматичним приладом, що зупиняє компресор або що відключає випарник від всмоктуючого трубопроводу у разі припинення руху води або розсолу.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Установки з декількома паралельно підключеними компресорами повинні бути забезпечені автоматичними пристроями, що передбачають перехід масла з одного компресора в інший і хладону з одного випарника однієї системи в інших.

Правила пристрою і безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском.

Судина, що працює під тиском, - герметично закрита ємкість, призначена для проведення хімічних і теплових процесів.

На всі судини і апарати холодильних установок незалежно від виду вживаного холодагента розповсюджуються Правила пристрою і безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском, затверджені Держтехнаглядом.

Найбільш частими причинами аварій і вибухів судин, що працюють під тиском, є перевищення граничне допустимого тиску, порушення температурного режиму, втрата судиною механічної міцності, порушення технологічного режиму роботи. Недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу і відсутність необхідного технологічного нагляду.

Будь-які судини, що працюють під тиском, виготовляють на підприємствах, що мають в своєму розпорядженні відповідну технічну базу і що мають дозвіл інспекції Держтехнагляду на їх виготовлення.

Всі судини, що працюють під тиском, до їх пуску в роботу повинні бути зареєстровані в органах Держтехнагляду. Судини, що працюють під тиском, повинні піддаватися технічним оглядам: внутрішньому огляду і гідравлічним випробуванням. На судинах холодильних установок гідравлічні випробування дозволяється замінювати пневматичними на пробний тиск. Внутрішній огляд судин холодильних установок із-за їх конструкції замінюється пневматичними випробуваннями. Після випробування проводять запис в паспорт судини.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги і електромагнітного поля.

Приміщення машинного відділення і холодильна камера по ступеню небезпеки поразки електричним струмом відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою. Відносна вологість холодильної камери досягає 95%, а в машинному відділенні є струмопровідні підлоги і достатньо тісно розташовано технологічне устаткування.

До основних технічних засобів, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках, відносять: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, захисне відключення, електричне розділення мережі, застосування малої напруги, огорожі і блокування, ізоляцію струмоведучих частин, застосування підвищеної частоти, електрозахисти засоби.

Використання цих засобів в різних поєднаннях дозволяє забезпечити захист людей від дотику до струмоведучих частин, від небезпечного переходу напруги на струмоведучі частині, від крокової напруги і тому подібне

Найчастіше використовують захисне заземлення. Захисним заземленням називають навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Воно призначене для усунення поразки електричним струмом у разі дотику до струмоведучих металевих частин електроустановки, що опинилися під напругою.

Розрахунок заземлення.

Граничний допустимий опір заземлення в електроустановках з напругою до 1000 В не повинно перевищувати 4 Ом у будь-який час ($R \leq 4$ Ом). При цьому струм, що проходить через тіло людини < 0.05 А.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо тип і геометричні розміри заземлень: контурне – $l = 2$ м; $d = 40$ мм.

Відстань між вертикальними заземленнями вибираємо рівним $L = 1$ м.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту (чорнозем):

$$\rho_{расч.} = \rho_{физ.} \cdot \psi, \quad (8.1)$$

де $\rho_{физ.} = 30$ Ом – питомий опір ґрунту [5];

$\psi = 1.1$ - кліматичний коефіцієнт [5].

$$\rho_{расч.} = \rho_{физ.} \cdot \psi = 30 \cdot 1.1 = 33 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Опір одного вертикального заземлювача з урахуванням опору ґрунту.

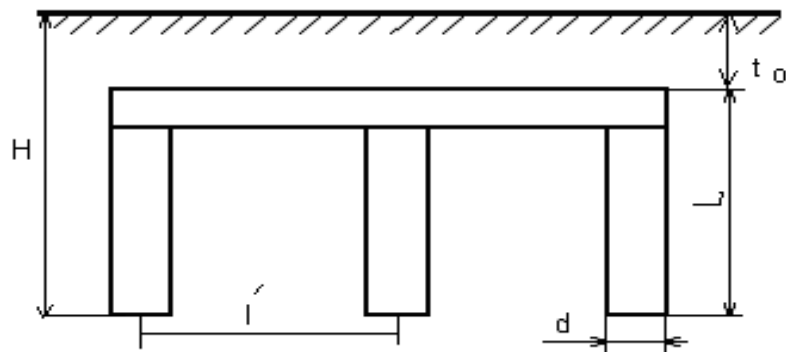


Рис. 8.1 – Схема заземлення

$$R_{стр.} = \frac{\rho_{расч.}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right), \text{ Ом} \quad (8.2)$$

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

$$R_{стр.} = \frac{33}{2 \cdot \pi \cdot 1} \left(\ln \frac{2 \cdot 1}{0.04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1.5 + 1}{4 \cdot 1.5 - 1} \right) = 137 \text{ Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{расч.} = \frac{R_{сmp.}}{R_{расч}} \quad n_{расч.} = \frac{137}{4} = 34 \text{ шт}$$

Визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{CB} = \frac{R_{сmp.}}{\eta \cdot n} = \frac{137}{0.55 \cdot 34} = 7.3 \text{ Ом} \quad (8.4)$$

η – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів [5].

Довжина сполучної смуги при розміщенні по контуру:

$$l_{пол.} = 60 \cdot 2 = 120 \text{ м}$$

Опір смуги з урахуванням опору ґрунту:

$$R_{пол.} = \frac{\rho_{расч.}}{\eta \cdot 2\pi \cdot l_{пол.}} \ln \frac{l_{пол.}^2}{d \cdot t_0} = \frac{33}{0.27 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 120} \ln \frac{120^2}{0.04 \cdot 1} = 2,1 \text{ Ом} \quad (8.5)$$

Загальний опір всієї системи

$$R_{общ.} = \frac{R_{общ.ст.} \cdot R_{пол.}}{R_{общ.ст.} + R_{пол.}} = \frac{5.7 \cdot 2.1}{5.7 + 2.1} = 1.54 \text{ Ом} \quad (8.6)$$

Пожежна безпека.

Заходи щодо пожежної профілактики підрозділяють на:

1) організаційні - що передбачають правильну експлуатацію машин, правильний зміст будівель, території, протипожежний інструктаж робочих і службовців і т. д.;

2) технічні - що передбачають дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будівель, при пристрої електропроводів і устаткування, опалювання, вентиляції, освітлення, правильне розміщення устаткування;

3) режимні - передбачаючи заборону куріння в не встановлених місцях Експлуатаційні - передбачаючи своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування технологічного устаткування.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріали, вживані для захисних конструкцій і обробки приміщень, повинні бути вогнестійкими. У будівлі повинно бути передбачено не менше двох евакуаційних виходів. У приміщеннях необхідно обмежити застосування дерева. Проходи, коридори і робочі місця не слід захащувати архівними матеріалами, папером і так далі. У системі вентиляція повинна бути передбачені клапани для перекриття повітроводів при пожежі. Повітропроводи, вентиляційні камери і регулюючі пристрої систем виконуються з матеріалів, що не згорають.

Найбільш ефективним засобом боротьби з пожежею є установка системи електричної пожежної сигналізації. Пожежна електрична сигналізація служить для швидкого сповіщення служби пожежної охорони про виниклу пожежу в якому-небудь приміщенні або побудові підприємства. У системи автоматичної пожежогасінні включається також і пожежна сигналізація. При необхідності пожежна сигналізація може бути суміщена з охоронною сигналізацією.

Протипожежний інвентар.

При тушінні пожеж піною широко застосовують генератори високо кратної піни (ГВП) і хімічні вогнегасники ВХП-10.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в виробничих будівлях і на території підприємств передбачають спеціальні пожежні щити з набором:

- пінних вогнегасників - 2,
- вуглекислотних вогнегасників – 1,
- ящиків з піском – 1,
- щільного полотна (волок, азбест) – 1,
- ломів – 2,
- багрів – 3,
- сокир – 2.

На території об'єкту один щит.

Розрахунок пожежного водоймища для запасу води [5]

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа підприємства $S_{\text{п}}=648 \text{ м}^2$

Коефіцієнт запасу $k=1.1$

Витрата води на зовнішнє пожеже-тушіння $g=10 \text{ л/с}$

Кількість одночасних пожеж $n_{\text{п}}=1$

Тривалість тушіння пожежі $\tau_{\text{п}}=2 \text{ години}$

Об'єм пожежного водоймища

$V_{\text{в}}=k \cdot g \cdot n_{\text{п}} \cdot \tau_{\text{п}}=1.1 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2=22 \text{ м}^3$

Виробнича санітарія.

Норми по виробничій санітарії і гігієні праці визначають пристрій виробничих і побутових приміщень, робочих місць відповідно до фізіології і гігієні праці, а також безпечні межі змісту в повітрі виробничих приміщень газів, пари і так далі

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

Розрахунок освітлення компресорного цеху.

Правильно спроектоване і виконане освітлення на будь-якому підприємстві забезпечує можливість правильної виробничої діяльності. Перебування нервової системи, збереження зору людини і безпека на виробництві значною мірою залежить від умов освітлення. З цієї причини необхідно провести розрахунок системи штучного освітлення приміщення, в якому знаходяться робочі, що стежать за роботою устаткування в машинному відділенні пересувної рефрижераторної установки.

Розрахунок системи штучного освітлення проводимо при наступних початкових даних:

Довжина цеху $A = 6,0 \text{ м};$

Ширина цеху $B = 4,0 \text{ м};$

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота підвісу світильника $h=3,2$ м;

Напруга в мережі $V = 220$ Вт.

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

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

В даному випадку приймаємо $\frac{L}{h_{\text{раб}}} = 1,5$

Приймаємо $h_{\text{раб}} = 3,2$ м, тоді $L = 4,8$ м

Визначаємо кількість необхідних світильників:

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \quad (8.8)$$

$$N = \frac{6,0 \cdot 4,0}{4,8^2} = 1,04 \approx 2 \text{ світильника}$$

Визначуваний світловий потік ламп світильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (8.9)$$

де E_n – мінімальна нормована освітленість, приймаємо $E_n = 200$ лк,

S – площа приміщення $S = 24,0$ м²,

k – коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп $k = 1,5$,

z – відношення середньої освітленості до мінімальної

$z = 1,1$ (для люмінесцентних ламп),

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η – коефіцієнт використання світлового потоку, який залежить від величини i – індексу приміщення [5].

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{раб.}} \cdot (A + B)}, \quad (8.10)$$

$$i = \frac{6,0 \cdot 4,0}{3,2 \cdot (6,0 + 4,0)} = 0,75$$

$$\Phi = \frac{200 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 100}{2 \cdot 39} = 10153 \text{ лм}$$

Відповідно до виконаного розрахунку вибираємо 2 світильники з трьома лампами ($n=3$) ЛБ 80 ($r=80$ Вт) зі світловим потоком 5220 лм.

Погрішність вибору ламп

$$\square = \frac{n \cdot \phi_{\text{л}} - \phi}{n \cdot \phi_{\text{л}}} = \frac{2 \cdot 5220 - 10153}{2 \cdot 5220} \cdot 100\% = 2.75\%$$

Потужність установки:

$$R = r \cdot N \cdot n = 80 \cdot 3 \cdot 2 = 480 \text{ Вт.}$$

Розрахунок вентиляції.

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

Для проєктованого цеху необхідний пристрій аварійної вентиляції, оскільки можливе раптове надходження в повітря великих кількостей шкідливих речовин (при витoku хладагента).

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунків використовуємо метод кратності:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{год} \quad (8.11)$$

де k – коефіцієнт кратності, 1/год,

V – об'єм приміщення, м^3 .

Коефіцієнти кратності вентиляції: витяжка – 4, притока – 3, аварійна витяжка – 6.

Об'єм виробничого цеху складає: $V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3$

де A – довжина цеху, $A = 6,0 \text{ м}$;

B – ширина цеху, $B = 4,0 \text{ м}$;

H – висота цеху, $H = 3,2 \text{ м}$.

$$L_{\text{вит}} = 4 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 3,2 = 307,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_{\text{пр}} = 4 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 3,2 = 230,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_{\text{ав}} = 4 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 3,2 = 614,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Потужність електродвигуна вентилятора визначається по формулі:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент.}} \cdot \eta_{\text{перед.}}}, \text{ кВт.}$$

де H – аеродинамічний опір, приймаємо 250 Па.

k - коефіцієнт запасу, приймаємо 1,2

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

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

Тоді потужність електродвигуна вентилятора:

$$N_{\text{вит}} = \frac{1,2 \cdot 307,2 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,0385 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{1,2 \cdot 230,4 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,03 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ав}} = \frac{1,2 \cdot 614,4 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,077 \text{ кВт}$$

Відповідно до виконаного розрахунку по каталогу вибираємо вентилятор. Приймаю для аварійної вентиляції відцентровий вентилятор

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ц4-70№8 при n=720 об/мин; для припливної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 6 при n = 960 об/мин; для витяжної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 5 при n = 1440 об/мин [4].

Долікарська допомога при отруєнні хладоном.

У разі отруєння робочою речовиною холодильної установки потерпілого потрібно вивести на свіже повітря або в чисте тепле приміщення, зняти з нього забруднений хладоном одяг, прослідкувати, щоб дихання його було вільним, і надати йому повний спокій.

У всіх випадках отруєння давати вдихати кисень (протягом 30 - 45 хв.) і зігрівати хворого грілками. При цьому потрібно дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків, оскільки при глибокому сні можливе зниження больової чутливості. Добре дати міцний солодкий чай або каву. У разі потреби дати вдихати з ватки нашатирний спирт.

При роздратуванні слизистої оболонки рекомендується полоскати горло і промивати ніс 2 % - ним розчином соди або водою. Незалежно від стану потерпілого він повинен бути відправлений до лікаря. При задусі і кашлі хворого слід транспортувати лежачи

При попаданні хладону в очі їх потрібно промити струменем чистої води і до приходу лікаря надіти темні захисні окуляри. Не можна забинтовувати очі і накладати пов'язку.

У разі попадання хладону на шкіру щоб уникнути обмороження слід обробити уражену ділянку теплою водою (35-40 °С), а у разі поразки великої частини тіла зробити загальну ванну. Витираючи тіло після ванни, потрібно прикладати рушник, що добре вбирає воду, а не розтирати її. Після цього на пошкоджену ділянку накладають пов'язку з маззю (Вишневського або пеніциліном). Можна використовувати несолоне вершкове або соняшникове масло.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Долікарська допомога при поразці електричним струмом.

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

- звільнення струму, що постраждав від дії (відключити електроустановку, перерубати дріт, скинути з нього дріт за допомогою дерев'яної палиці і т. д.);

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

Ступінь дії пари хладону R-404A на організм людини залежно від їх змісту в повітрі.

Симптоми отруєння при, вдиханні повітря з високими концентраціями хладонів або продуктів їх розкладання виявляються через 30 - 60 хв. З'являється головний біль, слабкість, почастішання пульсу і дихання, можуть спостерігатися нудота і блювота. При попаданні рідких хладонів на шкіру і в очі можливе обмороження шкіри і пошкодження очей.

Висновок: В результаті дотримання вищезгаданих норм і правил, а також проведення відповідних заходів на даному холодильному підприємстві буде забезпечена експлуатація і захист здоров'я людей.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 Висновки

1. Проаналізовано особливості технології виробництва пива «Жигулівське», розроблено технологічну схему.

2. Відокремлено ділянки застосування холоду відповідно до технологічної схеми, розраховано теплове навантаження процесів виробництва.

3. Відповідно прийнятої технологічної схеми запропоновано два варіанта системи охолодження продукту після пастеризації, підібрано устаткування.

4. Зроблено тепловий розрахунок, розрахунок повітроохолоджувача, підібрано основне та допоміжне устаткування.

5. Розроблено розділи охорони праці, спрямовані на забезпечення безпечної роботи устаткування і персоналу підприємства харчової промисловості.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

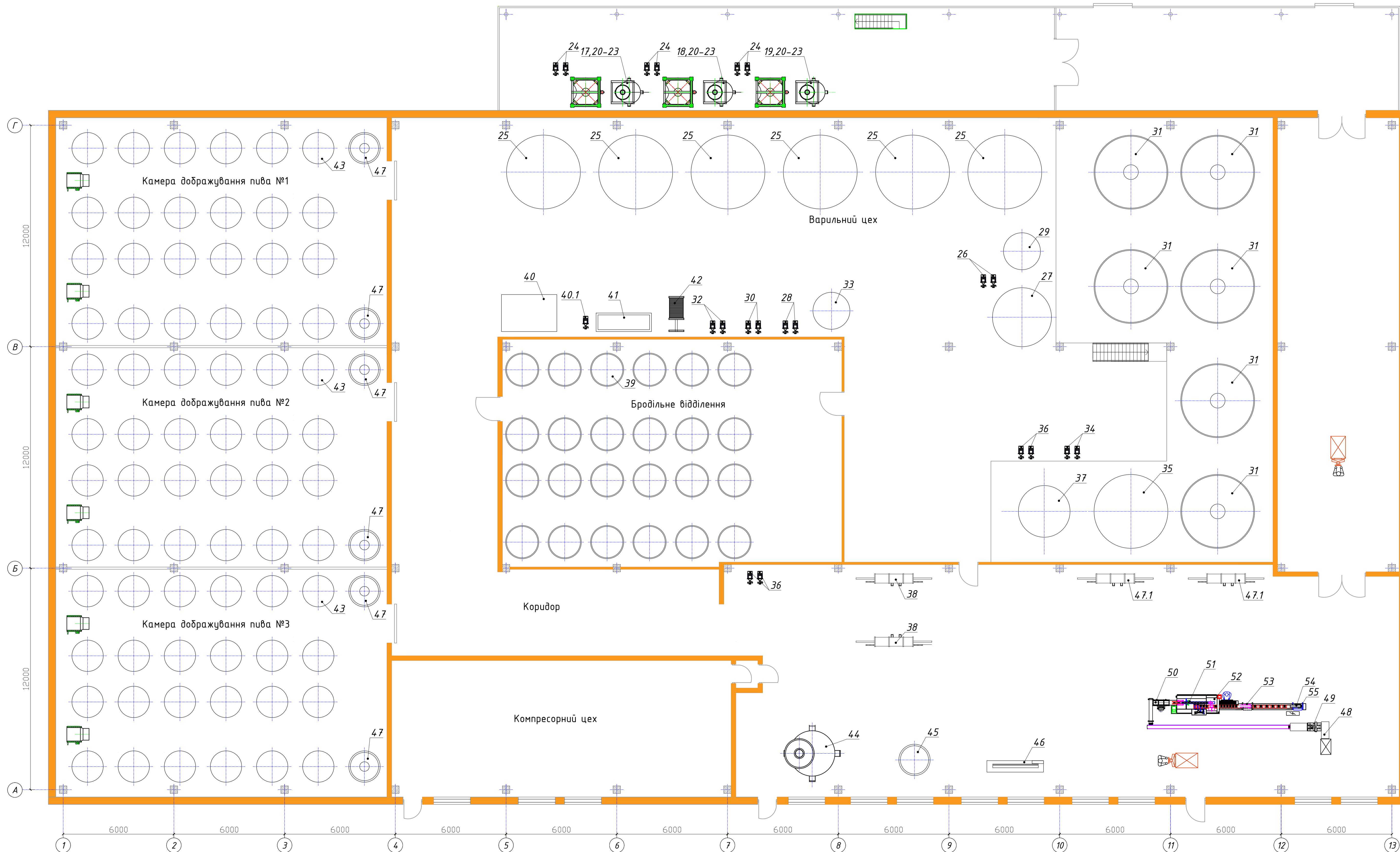
Список використаної літератури

1. Лагутін Ю.А. Апарати холодильних установок, в двох томах, том 1. Одеса: видавництво ОДАХ, 2003.
2. Свердлов Г.З., Явнель Б. К. Курсове та дипломне проектування холодильних установок та систем кондиціювання повітря. - 2-е видання, перераб. і доп.- М.: Харчова промисловість, 1978.- У пров.: 90к.
3. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин та теплових насосів. – Одеса: Студія «Негоціант», 2006. – 712 с. (З додатком).
4. Морозюк Т.В. Проектування поршневого компресора холодильних машин та теплових насосів, 2012. - 712 с.
5. Холодильні установки. Проектування: Навч. посібник/І.Г. Чумак, А.Ю. Лагутін, В.П. Чепурненка, С.Ю. Лар'яновський та ін; за ред. докт. техн. н. проф. І.Г. Чумака.- 3-тє вид., перераб. та доп.- Одеса: Друк, 2007.- 480 с.
6. Мнацаканов Г.К. Основи проектування холодильників [Текст] : навч. посіб. – Одеса : ОГАХ, 2006. – 58 с.
7. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянов А.В. Холодильная техника. Свойства веществ [Текст] : справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1985. – 208 с.
8. Холодильна техніка. Кондиціонування повітря. Властивості речовин. Довідник, Під ред. Богданова С. Н. 4-те вид., перероб. та дод. - СПб: СПбДАХПТ, 1999. - 320 с.
9. Іонов А.Г., Ерліхман В.М. Вибір оптимального перепаду температур для повітроохолоджувачів суднових морозильних апаратів // Холодильна техніка, 1973. - №1. - С. 24–28.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

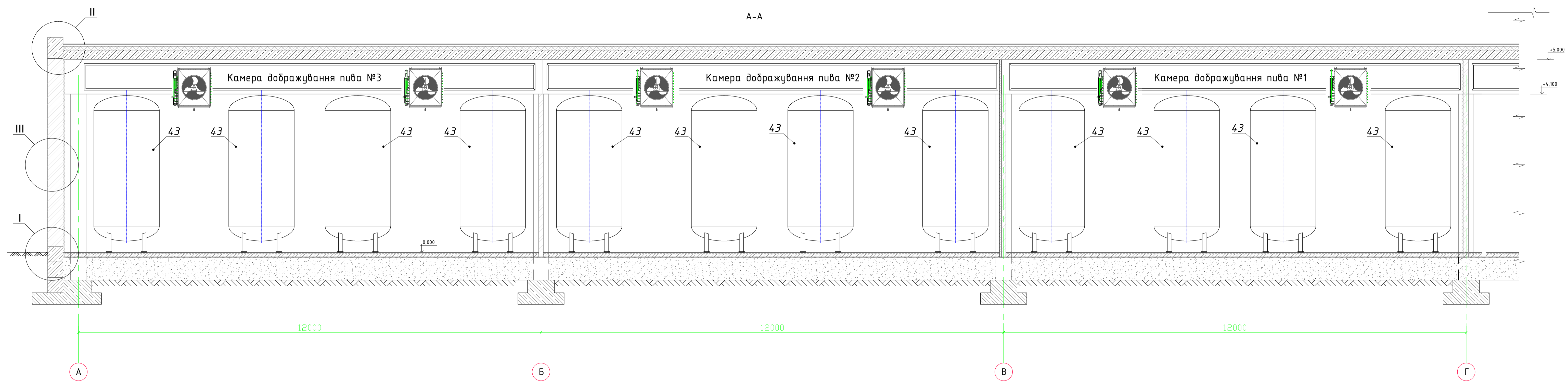
10. Гоголін А.А. Про складання та оптимізацію теплообмінних апаратів холодильних машин // Холодильна техніка, 1981. - №4. - С. 18–21.
11. Желіба Ю.А., Штельмах О.М. Резерви скорочення споживання електроенергії при експлуатації аміачних холодильних установок. Огляд. - Одеса: НДВ "Холод", 1995. - 24 с.
12. Креймер Н.Г. Енергетична ефективність регулювання геометричного ступеня стиснення холодильних гвинтових компресорів // Холодильна техніка, 1992. - №5. - С. 12–16.
13. Абдульманов Х.А., Васильєв В.Я. Порівняння ефективності аміачних холодильних машин з повітряним та водяним охолодженням конденсаторів // Холодильна техніка, 1973. - №8. - С. 4–6.
14. Ерліхман В.М., Іонов А.Г. Зниження енергоспоживання холодильної установки з конденсатор повітряного охолодження // Холодильна техніка, 1983. - №8. - С. 18–22.
15. Іванов. Конденсатори та водоохолоджувальні пристрої. - Л.: Машинобудування, 1980. - 165 с.
16. Гоголін А.А., Данилова Г.М., Азарєков В.М., Меднікова Н.М. Інтенсифікація теплообміну у випарниках холодильних машин. - М.: Легка та харчова промисловість, 1982. - 244 с.
17. Досвіт Рой Дж. Основи холодильної техніки. Пров. з англ. - М.: Легка та харчова промисловість, 1984. - 520 с.
18. Україна: Енергозбереження у будинках. Київ: Енергетичний центр ЄС, 1995. - 274 с.
19. Курильов Є.С., Герасимов Н.А. Холодильні установки. Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1980. - 622 с.
20. Креймер Н.Г. Енергетична ефективність регулювання геометричного ступеня стиснення холодильних гвинтових компресорів // Холодильна техніка, 1992. - № 5. - с. 12–16.

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

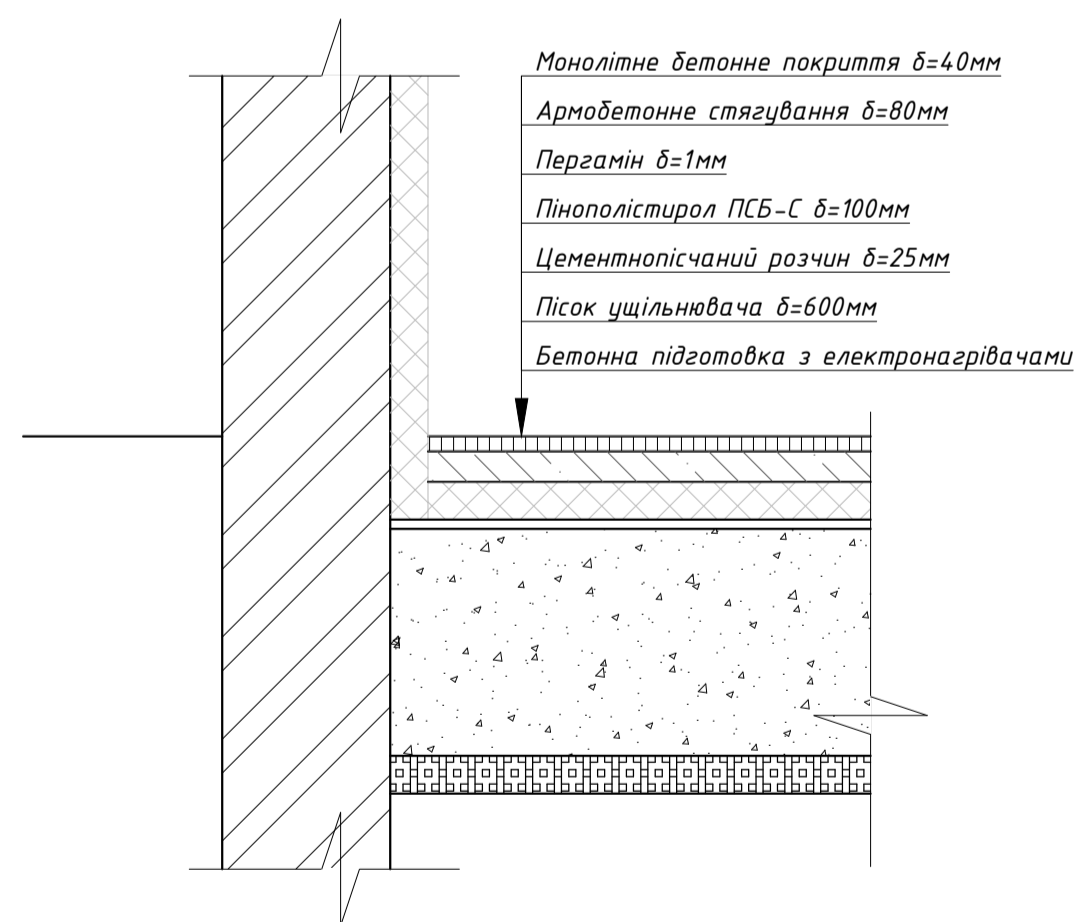


				КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.7		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Демченко І.О.					1:100
Перевірив	Хмельник М.Г.			Лист 1	Листів 5	
Н.контр.	Хмельник М.Г.			План підприємства		ОНТУ група ЕН-141

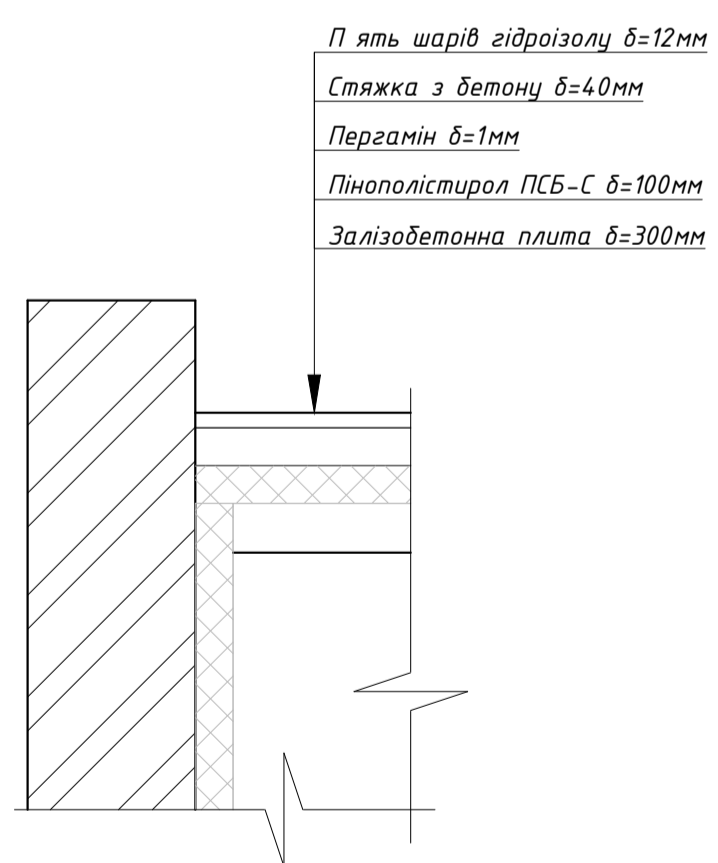
Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів



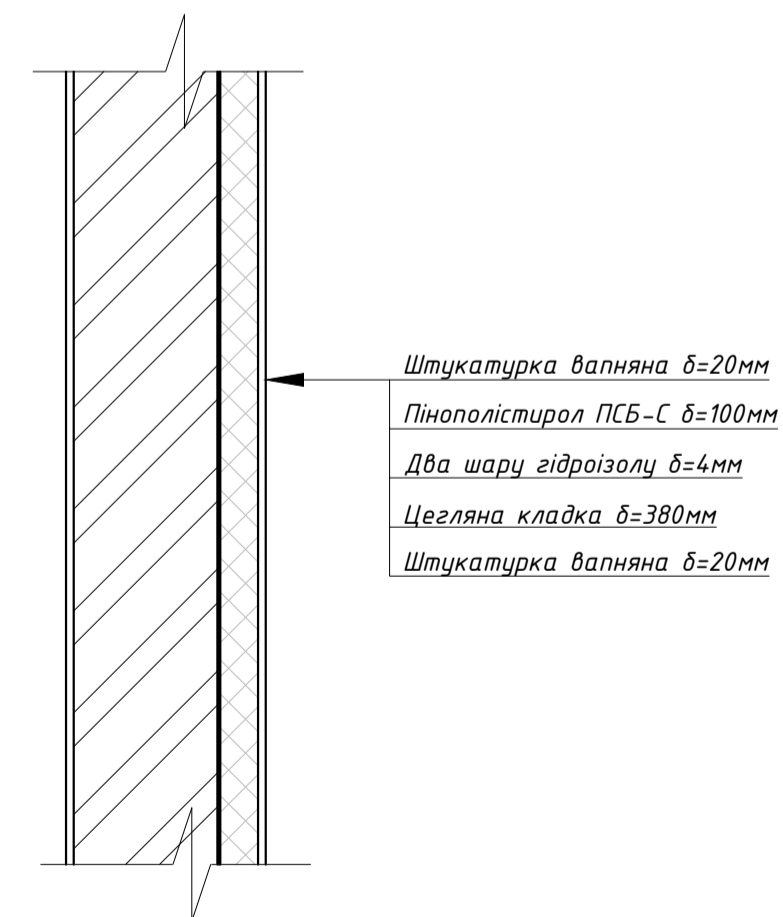
I
M 1:20



II
M 1:20

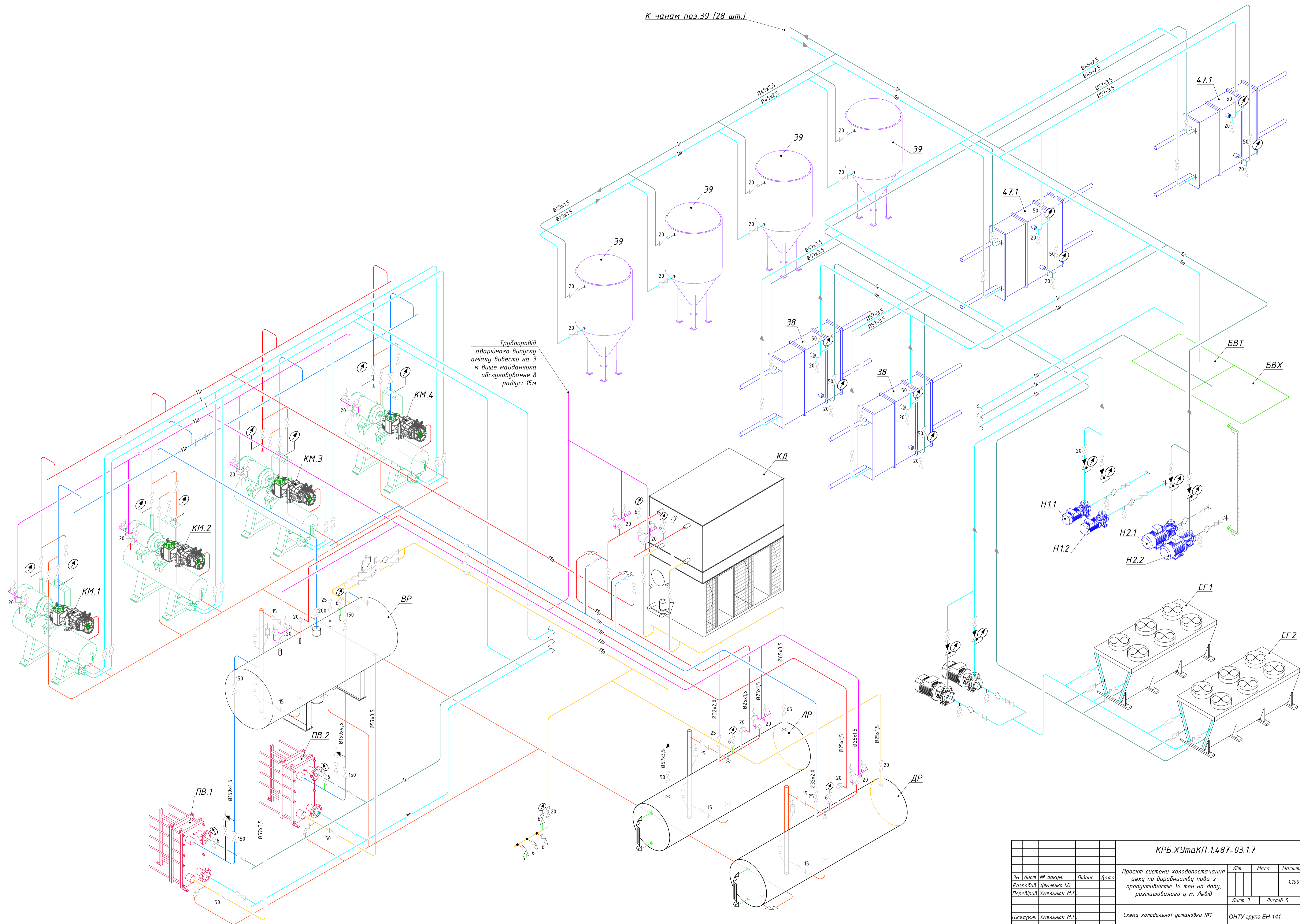


III
M 1:20

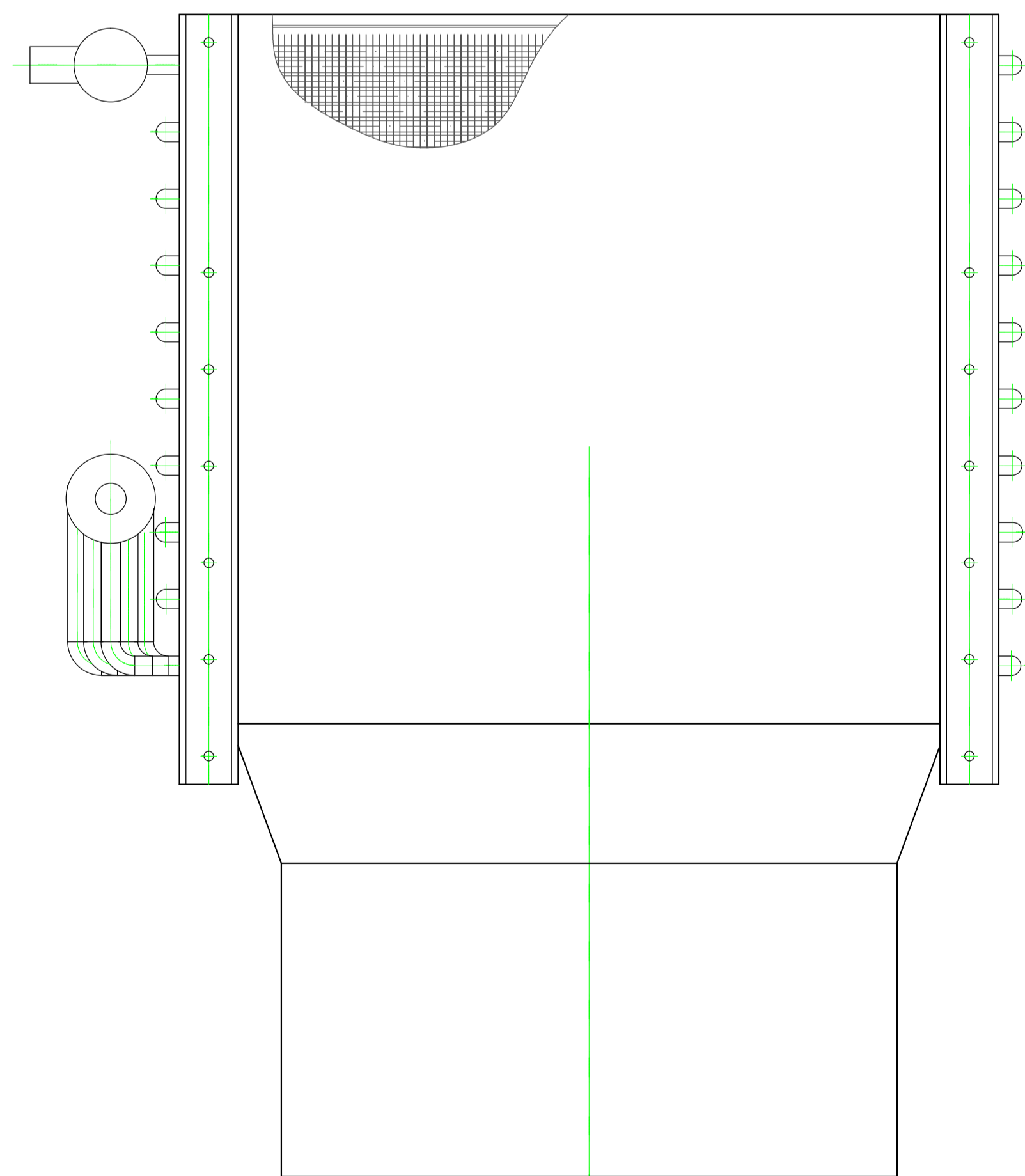
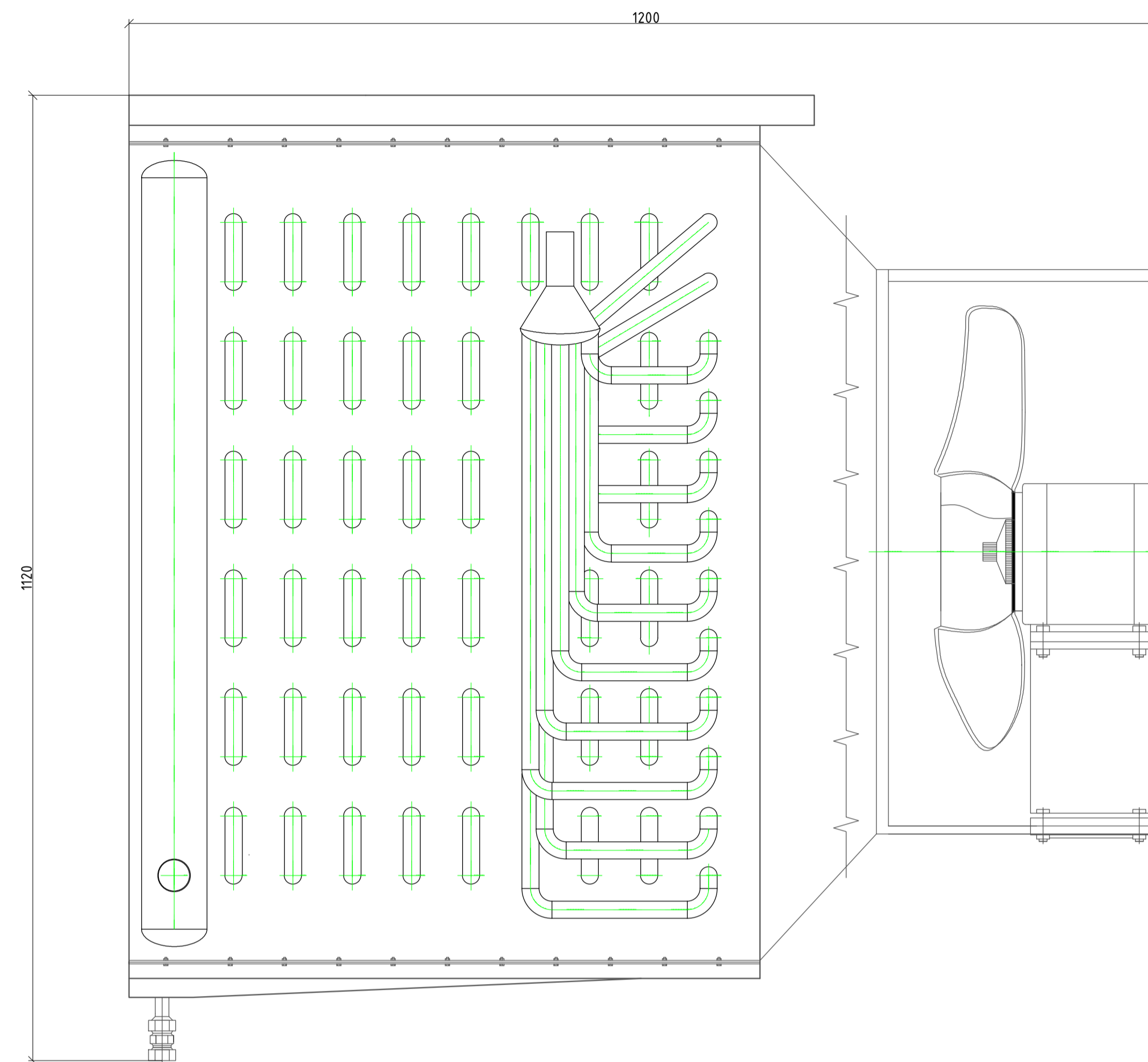
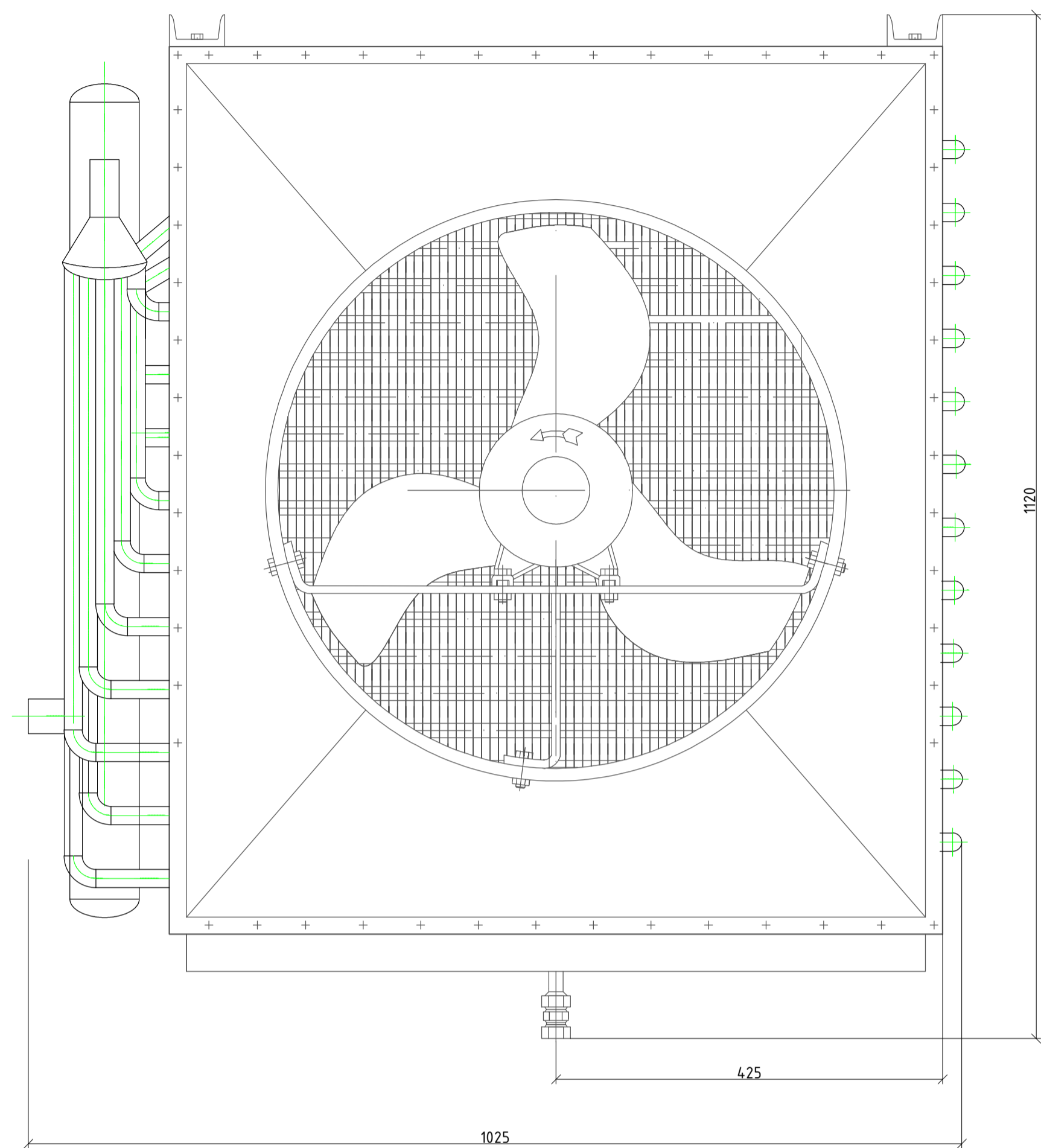


				КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.7			
Зм.	Лист	№ доцм.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
							1:100
					Лист 2	Листів 5	
					ОНТУ група ЕН-141		

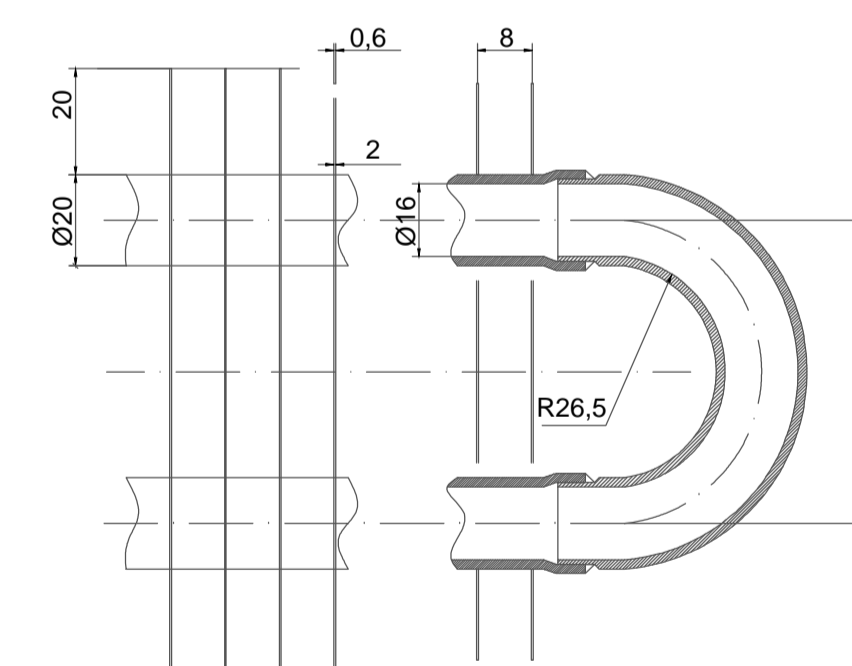
Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів
 Розробив Демченко І.О.
 Перевірив Хмельняк М.Г.
 Розріз А-А



КРБ.ХумаКП.1487-03.17				Лит.	Маса	Масштаб
Эт. Лист № докум.	Підпис	Дата	Проект системи холодопостачання цеху по виробництву пава з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів			1:100
Розробив	Демченко І.О.	Перевірив		Хмельник М.Г.	Лист 3	Листів 5
Н.Контроль	Хмельник М.Г.	Схема холодильної установки №1		ОНТУ група ЕН-141		



A - A
M 1:1



КРБ.ХУтаКП.1.487-03.1.7					Лит.	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Проект системи холодопастачання цеху по виробництву пива з продуктивністю 14 тон на добу, розташованого у м. Львів		
							1:5
					Лист 5	Листів 5	
Уконтр.					Повітряохолоджувач		
					ОНТУ група ЕН-141		