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

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Холодильні машини і установки»
Омельченко О.В.
«____» _____ 2021 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
за освітньою програмою «Холодильні машини і установки»

на тему: **«ПРОЕКТУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ СКЛАДУ ОХОЛОДЖЕННЯ»**

Виконав:
здобувач вищої освіти Білоненко Ганна Андріївна _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: доцент, к.т.н. Красновський І.Н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2021

ЗМІСТ

ВСТУП……..6

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ……7

1.1. Класифікація теплообмінних апаратів……...7

1.2. Охолодження рідини в парокомпресійній холодильній машині з кожухотрубним випарником……..9

1.3. Охолодження рідини в парокомпресійній холодильній машині з вертикально-трубним випарником……..10

1.4. Випарники панельного типу……..12

1.5. Пластинчасті теплообмінні апарати……..13

1.6. Охолодження рідини з використанням холодогенератора……14

РОДІЛ 2. ОБЛАДНАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ОХОЛОДЖУВАНОГО СКЛАДУ……16

2.1. Розрахунок і підбір компресорів……...16

2.2. Підбір теплообмінних апаратів……19

2.3. Охолодження рідини в градирні……21

2.4 Масловіддільник……..28

2.5. Заходи, пов’язані з обслуговуванням теплообмінних апаратів холодильної установки……..28

РОДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ……..……..36

3.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у компресорному цеху…….....36

3.2. Освітлення……37

3.3. Пожежна безпека……40

ВИСНОВКИ…….....43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….....44

ДОДАТКИ…….....45

ВСТУП

Актуальність роботи. Штучних холод застосовується практично в усіх галузях промисловості, особливо в енергетичній та харчовій промисловостях, сільському господарстві. У даний час важко уявити харчову сферу (молочну, м'ясної, рибну), а також торгівлю без застосування холодильної техніки. За допомогою холоду здійснюється не лише кондиціонування повітря у виробничих й побутових приміщеннях, а й охолоджуються складські приміщення, камери для зберігання овочів та фруктів тощо.

На сучасних підприємствах харчової промисловості, що застосовує холод, широко використовуються теплообмінні апарати для охолодження, нагрівання, випаровування та конденсації рідини, пара та їх сумішей. Існує велика різноманітність теплообмінників, які розрізняються за способом передачі тепла, а також за конструктивними ознаками. З розвитком холодильної техніки і нарощуванням обсягу виробництва актуальним є у процесі проектування приділяти достатньо уваги теплообмінним апаратам, які є вагомим складником ефективного функціювання холодильного устаткування.

Мета та задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є проектування холодильної установки охолоджуємого складу.

Практична та наукова новизна. Здійснено аналітичних огляд теплообмінних апаратів, які застосовуються в холодильних машинах. Проведено розрахунок і підбір основного та допоміжного обладнання холодильної установки охолоджуваного складу; обґрунтовано вибір системи охолодження, температури в охолоджуваних приміщеннях, планування холодильника, компресорного цеху та допоміжних приміщень.

Для відводу теплоти конденсації обрані випарні конденсатори, що значно скорочують експлуатаційні витрати, як прилади охолодження підібрані повітроохолоджувачі, що забезпечують більш рівномірний розподіл температури повітря в камері охолоджуємого складу.

Обгрунтовано, що у схемі холодильної установки водоохолоджувальний пристрій – градирня необхідна для охолодження води, яка подається на маслоохолоджувачі гвинтових компресорів. Описані заходи, пов'язані з обслуговуванням теплообмінних апаратів холодильної установки.

Зроблено комплексний аналіз потенційно небезпек та шкідливих виробничих чинників у компресорному цеху. Запропоновано загальнотехнічні, спеціальні та організаційні заходи щодо створення безпечних умов праці, описані протипожежні заходи, що вживаються для безпеки компресорного цеху.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

1.1. Класифікація теплообмінних апаратів

Теплообмінні апарати і установки за деякими характерними ознаками можна об'єднати в певні класифікаційні групи. Перш за все, за способом передачі теплоти від одного середовища до іншого (від одного теплоносія до іншого) теплообмінники класифікуються на:

– рекуперативні;

– регенеративні;

– змішувальні.

У рекуперативних теплообмінниках передача теплоти здійснюється крізь розділяє теплоносії одношарову або багатошарову стінку при сталому або несталому тепловому режимі. До апаратів зі сталим тепловим режимом відносяться безперервно діючі теплообмінники, що працюють при незмінних в часі витратах і параметрах теплоносіїв на вході і виході з апарату. Передача теплоти від одного середовища до іншого в рекуперативних апаратах відбувається при одночасному вимушеному русі середовищ без зміни фазового стану або при фазовому переході одного (обох) теплоносія.

В періодично діючих рекуперативних апаратах протягом заданого часу може здійснюватися послідовно нагрів, випаровування, охолодження певної кількості попередньо завантаженої рідини або нагрівання, охолодження сипучих і твердих матеріалів. В процесі нагрівання або охолодження, природно, відбувається зміна в часі температури нагрівається речовини. В якості гріючого середовища використовуються теплоносії, що не змінюють фазовий стан (рідини, гази), і конденсується водяна пара або пар іншої рідини. Гріє (охолоджуюча) середовище, як правило, подається безперервно з мало змінними параметрами на вході і істотно змінної в часі температурою на виході з апарату, особливо у рідких і газоподібних теплоносіїв. Отже, апарати такого типу відносяться до теплообмінників з несталим тепловим режимом.

Безперервно діючі рекуперативні теплообмінники в більшості випадків можна віднести до категорії апаратів, які працюють зі сталим тепловим режимом.

За конструктивним оформленням теплообмінники безперервної дії можуть бути:

– змієвиковими;

– секційними;

– кожухотрубчасті;

– ребристими;
– пластинчастими;
– пластинчато-ребристі;
– прокатно-звареними;
– стільниковими.

В регенеративних теплообмінних апаратах при передачі теплоти від одного середовища до іншого також використовується поверхню теплообміну. Однак ця поверхню, або точніше насадка, що утворює поверхню теплообміну, є проміжним акумулятором теплоти. Спочатку, протягом якогось відрізка часу, насадка через свою поверхню сприймає певну кількість теплоти від гріючого середовища. Потім проводиться перемикання потоків теплоносіїв і по поверхні насадки пропускається нагрівається середовище. У цей період насадка охолоджується, передаючи раніше сприйняту теплоту нагрівається середовищі.

Нагрівання або охолодження в регенераторах, особливо з нерухомою насадкою, відноситься до категорії нестаціонарних, але синхронно повторюваних теплових процесів. Зазвичай в регенераторах нагріваються компоненти горіння палива для промислових печей і парогенераторів.

Для теплообміну при змішуванні робочих середовищ не потрібна спеціальна поверхню. Теплообмін в цьому випадку відбувається на кордоні розділу фаз одного роду теплоносіїв (однорідних) або на кордоні розділу рідкої і газоподібної середовищ і супроводжується масообмінних, зміною ентальпії суміші або кожного з теплоносіїв, зміною вмісту вологи газоподібного середовища.

Кожна розглянута група теплообмінників класифікується на підгрупи по роду теплоносіїв:
– парорідинна;
– рідинно-рідинні;
– газорідинні;
– газо-газові;
– парогазові;
– з дисперсними теплоносіями.

Поверхня теплообміну може бути виконана з гладких або оребрених різним способом труб, з гладких або профільних хвилястих і оребрених пластин або у вигляді різноманітної за формою фасонної, блокової і цегляної насадки. За компонуванні поверхні теплообміну і з'єднанню її з корпусом гладкотрубчаті апарати можна розділити на наступні групи:
– занурені з прямими трубами і змієвикові;
– зрошувальні з водяним і повітряним охолодженням;
– секційні;
– кожухотрубчасті.

Кожухотрубчасті і секційні теплообмінники виготовляють у вигляді жорсткої (тобто обидві трубчасті решітки з'єднуються жорстко з корпусом) і нежорсткій конструкції: з U- і W-подібними трубами, з «плаваючою» камерою і з компенсаторами на корпусі або трубах.

Апарати з пластин поділяються на сорочкові, спіральні, гладкопластинчасті різного профілю, пластинчасті ребристі і стільникові. Вони можуть бути розбірними, полурозбірні, звареними і прокатно-звареними.

Поверхня теплообміну пластинчастих апаратів компонується з різноманітних за конструктивними ознаками сталевих листів. До числа таких теплообмінників відносяться реактори з сорочкою, спіральні конденсатори і нагрівачі для рідин, плоскопластинчасті нагрівачі низького тиску для повітря, повітря-і газонагрівач з різних штампованих, ребристих і інших профілів листів в системах газотурбінних і холодильних установок.

Теплообмінні апарати виконують з вогнетривких матеріалів, графіту, скла, пластмас. За конструктивними ознаками вони можуть бути дуже різними в залежності від технологічних умов нагріву або охолодження, а також фізико-хімічних властивостей і температурного рівня робочих середовищ.

За просторовому розташуванню теплообмінні апарати діляться на вертикальні, горизонтальні, похилі. За кількістю ходів робочих середовищ - на одно-, двох-, чотирьох ходові. За взаємною напрямку руху теплоносіїв на прямоточні, протиточні, прямоточно-протиточні і з різними варіантами перехресного струму.

1.2. Охолодження рідини в парокомпресійній холодильній машині з кожухотрубним випарником

Штучних холод застосовується практично в усіх галузях промисловості. Основні користувачі охолодженої рідини є енергетична та харчова промисловість, сільське господарство, широке застосування має в сфері кондиціонування повітря тощо.

Для кінцевого продукту, що демонструє якість, це не тільки його стан на момент виробництва, а також термін його зберігання, який залежить від швидкості внутрішніх біохімічних перетворень та мікробіологічних процесів продукту. Ефективність подолання даних процесів залежить не тільки від кінцевого значення температур, але й від інтенсивності охолодження.

У холодильній машині охолодження рідини здійснюється в теплообмінних апаратах – випарарниках або охолоджувачах, які є різноманітними за своїми конструктивними особливостями. Розглянемо основні апарати, які успішно застосовуються в промисловості.

У багатьох випадках охолодження рідини (води) відбувається в кожухотрубних випарниках затопленого типу, де холодильний агент кипить безпосередньо на поверхні гладких або оребрених труб. Основні переваги цих апаратів полягають в їх надійності та простій технології виготовлення. Недоліками таких апаратів є небезпека замерзання рідини (води) у трубах та можливість розморожування пучка труб, що може призвести до руйнування апарату. Тому для отримання більш низьких температур хладоносія (води) без побоювань його руйнування, рекомендується використовувати кожухотрубні випарники з внутрішньо трубним кипіння холодильного агенту. Ще однією особливістю таких випарників є мала заправка за холодильним агентом у

порівнянні з затопленими випарниками. На рис. 1.1 зображена конструкція кожухотрубного випарника з кипінням холодильного агенту всередині труби.

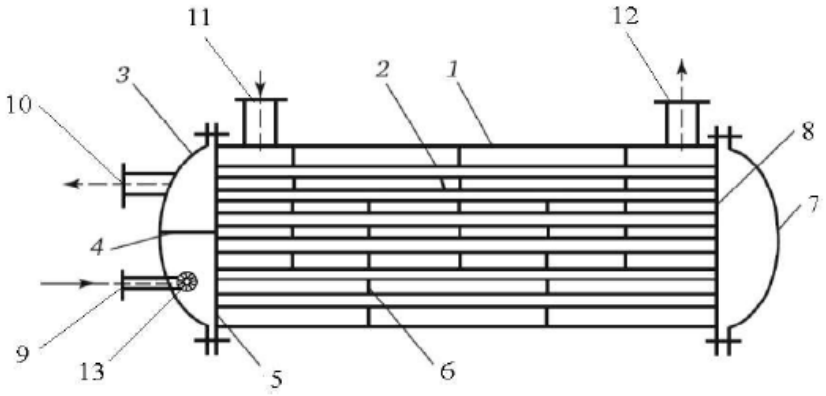


Рисунок 1.1 – Кожухотрубний випарник з внутрішньо трубним кипінням холодоагенту

На рис. 1.1. позначено: 1 – циліндрична обичайка; 2 – трубний пучок; 3 – штуцерна кришка; 4 – перегородка; 5,8 – трубчаста решітка; 6 – поперечні перегородки; 7 – глуха кришка; 9,10 – вхід і вихід холодильного агенту; 11,12 – вхід и вихід хладоносія; 13 – розподільний пристрій.

Основним і головним недоліком використання кожухотрубних теплообмінників є великі габаритні розміри, що призводить до високої металоємності, а, отже, і високої ціни апарату. Такі апарати займають значні виробничі площі. Ще одним недоліком є складність в обслуговуванні апарату, а саме процес очищення поверхні є трудомістким і займає багато часу.

1.3. Охолодження рідини в парокомпресійній холодильній машині з вертикально-трубним випарником

Випарники з кипінням рідкого холодильного агенту в міжтрубному і внутрішньо трубному просторі відрізняються великою місткістю робочої речовини, значною металоємністю, а також порівняно низькою щільністю теплового потоку.

Теплообмінні апарати з кипінням холодоагенту в плівці всередині вертикальних труб дозволяють знизити габаритний об’єм і масу, запобігає небезпеці гідроудару в компресорі холодильної машини. На рис. 1.2 представлена принципова схема апарату в поперечному розрізі.

Охолоджувана рідина подається через трубопровід (1) до приймаючих ванн (3). Через щілинні розподільні пристрою (4) продукт подається на охолоджуючу поверхню вертикальних труб (8) у вигляді стікаючої плівки (5). Вся охолоджена рідина збирається в приймаючій ванні (6) і відводиться через трубопровід (2). Рідкий холодильний агент подається всередину теплообмінної поверхні через патрубки (9), а відведення його парів – через патрубки (10).

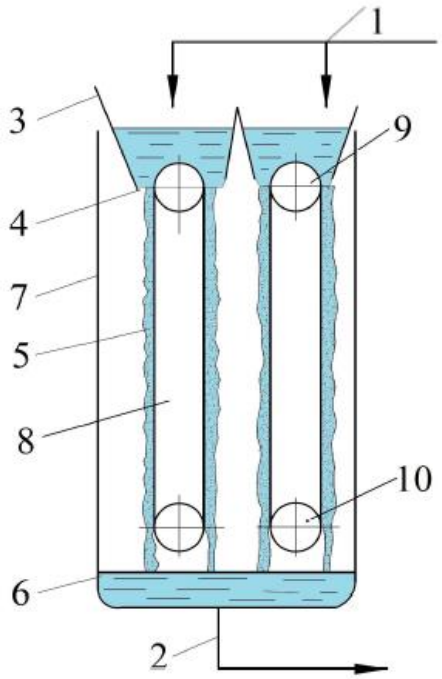


Рисунок 1.2 – Принципова схема пристрою, представлена в поперечному розрізі

На рис. 1.2. представлено: 1 – підведення рідини; 2 – відведення охолодженої рідини; 3 – ванна прийому рідини; 4 – щілинні розподільники; 5 – стікаюча плівка рідини; 6 – ванна для прийому охолодженої рідини; 7 – корпус пристрою; 8 – поверхня теплообміну; 9,10 – патрубки підведення і відведення холодоагенту.

Основною особливістю пристрою є ребра внутрішньої поверхні вертикальних труб. Ребра виконані у вигляді конічних і овальних каналів, розташованих по колу (рис. 1.3), параметри яких можна визначити за відомими залежностями. Така конфігурація ребер всередині труби дозволяє збільшити коефіцієнт теплопередачі через теплообмінну поверхню.

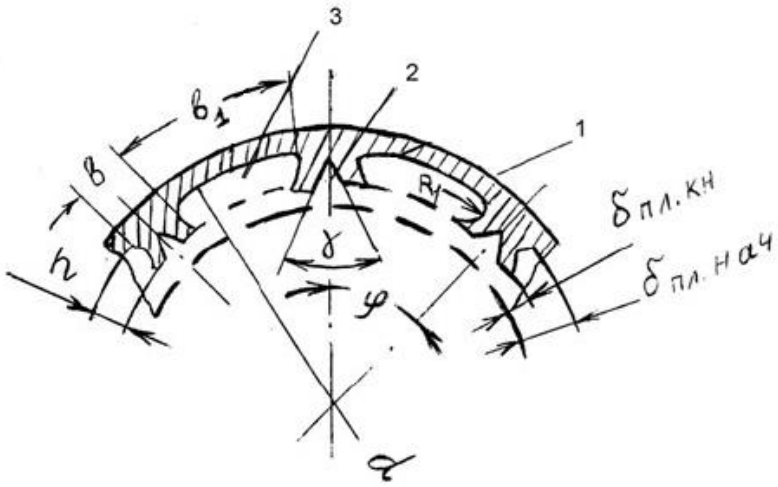


Рисунок 1.3 – Ребра внутрішньої поверхні вертикальних труб

На рис. 1.3 позначено: 1 – теплопередаюча поверхня труби, 2 – конічний канал; 3 – овальний канал.

До недоліків такого способу охолодження рідини можна віднести низькі значення тепловіддачі з боку стікаючої плівки рідини.

1.4. Випарники панельного типу

Панельні теплообмінні апарати мають широкий ряд переваг: дозволяють отримувати охолоджену рідину з температурою близько 0 °С, мають малу ємністю по холодильному агенту, а коефіцієнт тепловіддачі від води може досягати до 2500 (Вт / м^2 · К). Апарати панельного типу застосовуються в якості випарника холодильної машини в двох варіантах виконання:

1) Занурений панельний випарник.

2) Плівковий панельний випарник.

Випарник з панелями, зануреними в рідину, зображений на рис. 1.4.

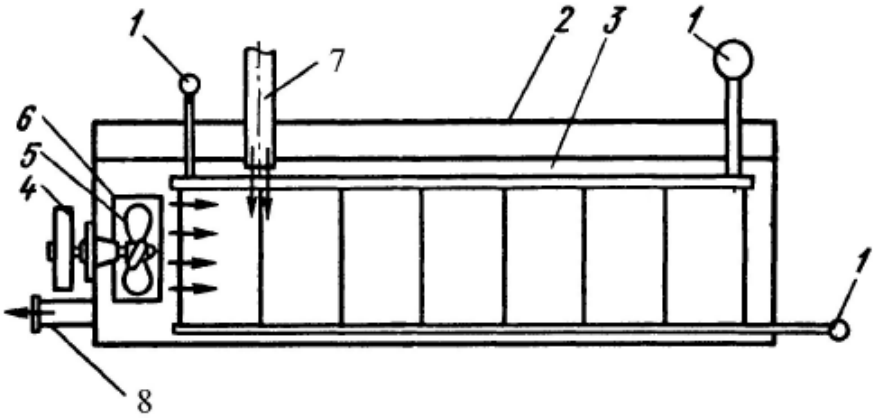


Рисунок 1.4 – Панельний випарник

На рис. 1.4 зображено: 1 – колектор з холодильним агентом, що об’єднує панелі; 2 – бак випарника; 3 – панель; 4 – привід мішалки; 5 – мішалка; 6 – дифузор; 7,8 – вхід і вихід хладоносія.

Випарник являє собою єдиний блок, що складається з панелей (3), які об’єднані між собою підводюючим і відводюючим колекторами з холодильним агентом (1). Панелі виготовляються з двох сталевих листів з спеціальним відштампованих профілем з’єднані контактним зварюванням. Відстань між панелями становить близько 100 мм (в панельному льдоакумуляторі пластини розташовуються на відстані близько 135 мм з метою наморожування на їх поверхні льоду товщиною від 35 до 40 мм. Для забезпечення високого коефіцієнта тепловіддачі необхідно підтримувати швидкість хладоносія в межах діапазону від 1 до 1,2 м/с^2 за допомогою мішалки (5) і його електроприводу (4).

Панельні випарники плівкового типу дещо поступаються за

інтенсивністю внутрішньої циркуляції в порівнянні з вертикально-трубними апаратами але і мають низку безсумнівних переваг, а саме: зменшення маси до 30%, значне збільшення площі теплообмінної поверхні, зменшення ємності по холодильному агенту, можливість роботи із забрудненою водою, простота в обслуговуванні і очищенні панелей.

Принципова схема панельного плівкового випарника представлена на рис. 1.5.

Рідина подається в розподільний бак (1), який розташовується зверху над вертикально розташованими робочими панелями (2). За допомогою розподільного пристрою подається тонкий шар рідини на панелі й інтенсивно охолоджується. Вода з температурою в діапазоні від 0,5 °С до 2 °С стікає в бак-акумулятор (3) з подальшою її подачею споживачеві. Найбільш ефективно застосовувати плівкові випарники в системах з постійним тепловим навантаженням.

При використанні апаратів представленого типу допускається підморожування охолоджувальної рідини, а контакт з навколишнім середовищем може спричинити за собою її забруднення. Перераховані чинники можуть негативно вплинути на якість холодної рідини.

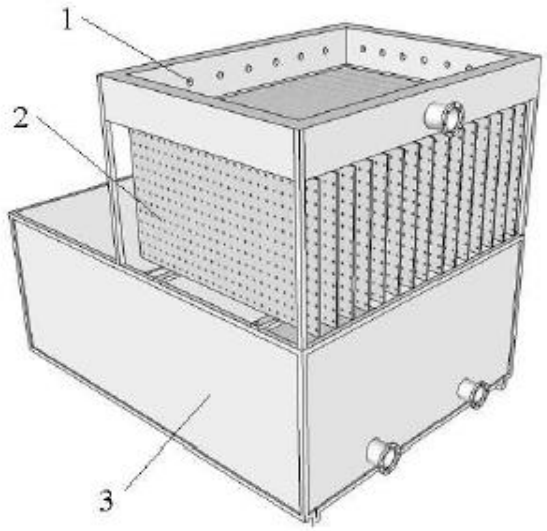


Рисунок 1.5 – Панельний плівковий випарник

На рис. 1.5 позначено: 1 – розподільний бак; 2 – вертикально розташовані панелі; 3 – бак-акумулятор.

1.5. Пластинчасті теплообмінні апарати

В останні роки апарати пластинчастого типу все більше упроваджуються в системи охолодження рідини і мають істотні переваги: розвинена теплопередавальну поверхню при порівняно малих габаритах і масі, високий коефіцієнт тепловіддачі, значне зниження обсягу використання робочих середовищ – холодильних агентів. Апарати випускаються різних конструкцій: нерозбірні (зварні або паяні), розбірні, полурозбирні (розбірні зі здвоєними

пластинами). Для роботи з високим тиском і низькою температурою рекомендованими є нерозбірні теплообмінні апарати.

Охолоджувач пластинчастого типу складається з набору пакетів – груп сталевих штампованих пластин (2). Кілька пакетів, стислих між боковинами (1) утворюють секцію. Пластини повернені на 180° один щодо одного, утворюючи тим самим канали для обтікання двох робочих середовищ: з одного боку – нагріваєме середовище, з іншого – охолоджуєме. Пластинчастий апарат і схема руху робочих середовищ в ньому зображені на рис. 1.6.

Основними та істотними недоліками пластинчастих апаратів є труднощі, пов'язані з очищенням теплообмінної поверхні. При використанні забруднених теплоносіїв потрібне розбирання порожнин, схильних до забруднення.

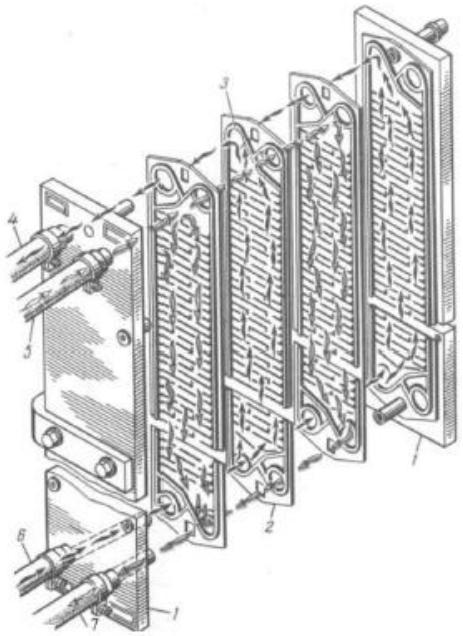


Рисунок 1.6 – Схема пластинчастого теплообмінного апарату

На рис. 1.6 зображено: 1 – боковина; 2 – пластина; 3 – прокладки; 4 – шланг відведення отепленого робочого середовища; 5 – шланг підведення охолодженого продукту; 6 – шланг підведення холодного робочого середовища; 7 – шланг відведення охолодженого продукту.

1.6. Охолодження рідини з використанням холодогенератора

Одним із способів охолодження рідини є застосування холодогенератора, що використовується в якості джерела низькопотенційної. Схема такого пристрою представлена на рис. 1.7.

Апарат виконаний з герметичного теплоізольованого корпусу прямокутної форми (1) зі знімною теплоізольованою герметичною кришкою (2). Верхня частина камери призначена для зберігання холодоакумуляційної маси (9). У нижній частині камери розташована група теплообмінних апаратів, що включає трубчастий економайзер з зовнішнім оребренням (6), проміжний крапельно-ударний (7) і контактний (8) теплообмінники. Отеплена вода проходить через контактний теплообмінник перетворюючи лід в талу воду з

близько нульовою температурою яка зрошує два інших теплообмінника, які знаходяться в нижній частині апарату.

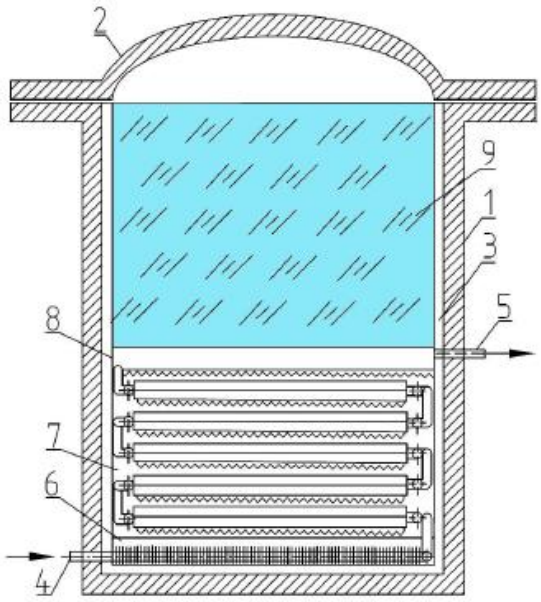


Рисунок 1.7 – Холодогенератор у розрізі

На рис. 1.7 позначено: 1 – корпус холодогенератора; 2 – знімна теплоізольована кришка; 3 – вакуумна ізоляція; 4 – патрубок, що подаваємої воду; 5 – патрубок охолодженої води; 6 – теплообмінник-економайзер; 7 – проміжний теплообмінник; 8 – контактний теплообмінник; 9 – холодоакумуляційна маса.

У контактному теплообміннику вода, охолоджена в економайзері та проміжному теплообмінниках, контактує з холодним льодом, що призводить до зменшення недорекуперації на холодному кінці й зменшує інтенсивність танення льоду. Тривалий теплий період року змушує заготовлювати великі обсяги сніжно-крижаної маси, що вимагає великих габаритних розмірів хологенератора і призводить до великої робочої площі і капітальним витратам.

РОЗДІЛ 2
ОБЛАДНАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ОХОЛОДЖУВАНОГО СКЛАДУ

2.1. Розрахунок і підбір компресорів

Охолоджуваний склад складається з наступних основних частин: камер зберігання замороженої продукції, камер зберігання охолодженої продукції. Машинне відділення розміщуємо з південного боку холодильника, а автомобільна платформу з північного боку корпусу. Місткість холодильника Е=4300 т. Планування холодильника наведена на рис. 2.1.

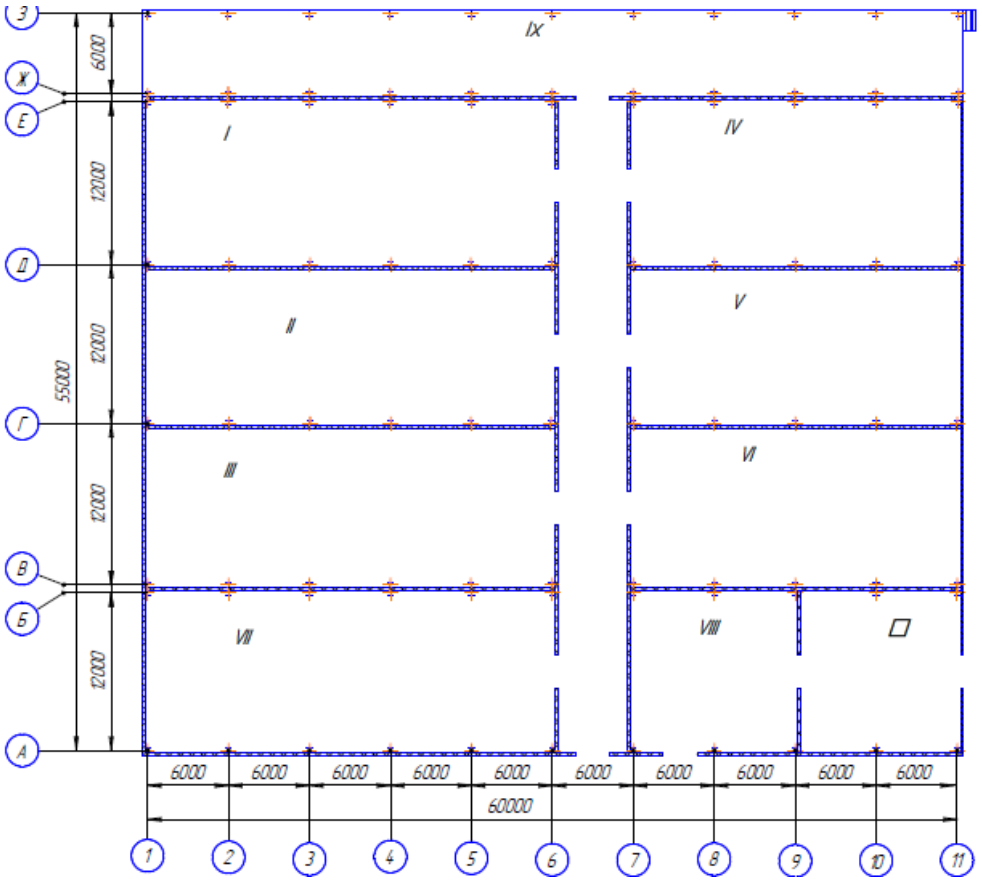


Рисунок 2.1 – План холодильника: I-III – камери схову замороженої продукції, IV-VI – камери схову охолодженої продукції, VII – таропакувальне та експедиційне приміщення, VIII – допоміжне приміщення, IX – автомобільна платформа, X – компресорний цех

Визначення навантаження на компресори

Розрахунковий режим холодильної установки характеризується: температурою кипіння t_0, конденсації $t_к$, всмоктування $t_{вс}$ і температурою переохолодження рідкого холодоагенту $t_п$ перед регулюючим вентилем.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Білоненко			Проектування холодильної установки для складу охолодження	Літ.	Арк. 20 / Аркушів 52
Перевір.		Красновський					
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
Затверд.		Омельченко					

Температура кипіння в установках з безпосереднім охолодженням приймається на 10 ^{0}C нижче ніж температура повітря в камерах, отже:

t_{01} = -10 °C, t_{02} = -30 ^{0}C.

Навантаження на компресори $Q_{км}$, кВт в залежності від температури кипіння визначається за формулами:

$$Q_{км(-10)} = 0{,}6 \cdot \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0{,}5 \cdot \sum Q_4 + \sum Q_5 ,$$

$$Q_{км(-30)} = 0{,}8 \cdot \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0{,}7 \cdot \sum Q_4 ,$$

$$Q_{км(-10)} = 0{,}6 \cdot (9{,}24 + 6{,}95 + 8{,}27) + 3 \cdot 52{,}8 + 3 \cdot 6{,}7 + 0{,}5 \cdot 3 \cdot 6{,}5 + 3 \cdot 7{,}8 = 226{,}33 ,$$

$$Q_{км(-30)} = 0{,}8 \cdot (12{,}29 + 8{,}99 + 11{,}79) + 21 \cdot 3 + 0{,}7 \cdot 3 \cdot 10{,}62 = 111{,}76 .$$

Дані навантаження необхідно враховувати з коефіцієнтами втрати холоду:

t_0	-10	-30
k	1,05	1,07

Установчі навантаження на компресори Q, кВт, з урахуванням коефіцієнтів:

$$Q_{0(-10)} = 1{,}05 \cdot 226.33 = 237{,}65 ,$$

$$Q_{0(-30)} = 1{,}07 \cdot 111{,}76 = 119{,}6$$

Розрахунок і підбір компресорів

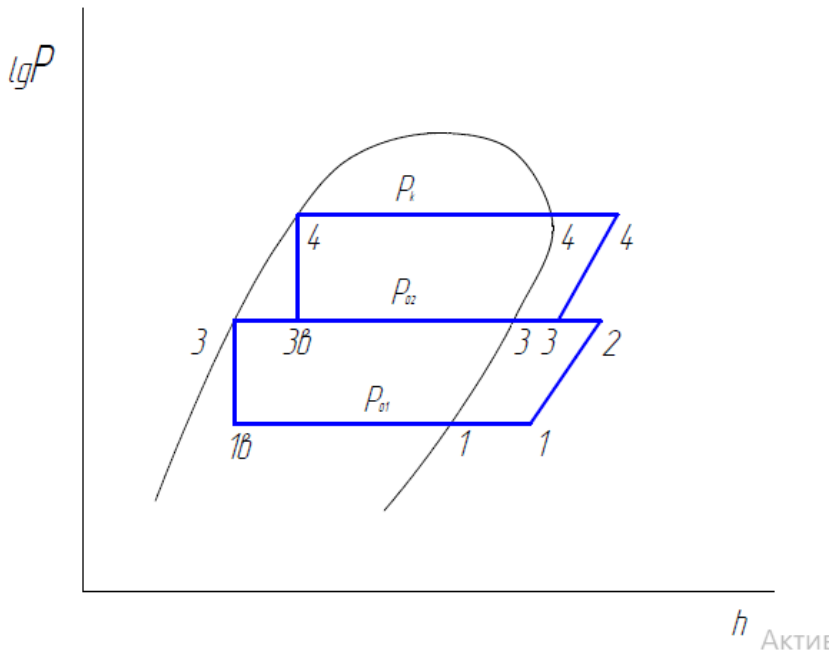


Рисунок 2.3 – Цикл холодильної машини

Параметри вузлових точок вказані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри вузлових точок

№ точки	P, МПа	t, °C	h, кДж/кг	v, м³/кг
1''	0,124	-30	1648	0,91
1	0,124	-20	1670	0,95
1в	0,124	-30	375	0,07
2	0,29	32	1775	0,5
3	0,29	-5	1680	0,43
3''	0,29	-10	1670	0,42
3в	0,29	-10	590	0,072
3'	0,29	-10	375	-
4	1,4	108	1910	0,127
4'	1,4	36	590	-
4''	1,4	36	1705	0,092

Масова витрата циркулюючого хладагента G_{01}, кг/с на температуру кипіння t^0C = - 30 ^0C обчислюємо за формулою:

$$G_{03} = \frac{Q_{T1}}{h_{1''} - h_{1в}},$$

$$G_{03} = \frac{119.6}{1648 - 375} = 0{,}094$$

Масова витрата циркулюючого хладагента G_{02}, кг/с на температуру кипіння t^0C = - 10 ^0C обчислюємо за формулою:

$$G_{02} = \frac{Q_{02} + G_{01}(h_2 - h_{3'})}{h_{3''} - h_{3в}},$$

$$G_{02} = \frac{237{,}65 + 0.094(1775 - 375)}{1670 - 590} = 0{,}34$$

Визначаємо коефіцієнт подачі λ

$$\text{для } t_{01} = -30^0 C \text{; при } \frac{P_{02}}{P_{01}} = \frac{0{,}29}{0{,}124} = 2{,}34 \Rightarrow \lambda_2 = 0{,}87,$$

$$\text{для } t_{02} = -10^0 C \text{; при } \frac{P_к}{P_{02}} = \frac{1{,}4}{0{,}29} = 4{,}8 \Rightarrow \lambda_1 = 0{,}83.$$

Розрахункову теоретичну об'ємну продуктивність компресора $V_т$, м³/с, обчислюємо за формулою:

$$V_{m1} = \frac{G_1 \cdot v_1}{\lambda_1}, м^3 / с,$$

$$V_{m2} = \frac{G_2 \cdot v_3}{\lambda_2}, м^3 / с$$

де v – питома обсяг пара, що всмоктується в компресор, м^3/кг:

$$V_{m1} = \frac{0{,}094 \cdot 0{,}95}{0{,}87} = 0{,}103$$

$$V_{m2} = \frac{0{,}34 \cdot 0{,}43}{0{,}83} = 0{,}176$$

Вибираємо гвинтові компресорні агрегати на R717 за розрахунковою теоретичною об'ємною продуктивністю. Підбираємо для температури кипіння -30 ^{0}С компресорний агрегат СТХ-R, для температури кипіння -10 ^{0}С два компресорних агрегати СТХ-R виробництва ТОВ «Култек» на базі компресорів HOWDEN XRV, рис. 2.4.

Рисунок 2.4 – Гвинтовий компресор

2.2. Підбір теплообмінних апаратів

Штучних холод застосовується практично в усіх галузях промисловості. Основні користувачі охолодженої рідини є енергетична та харчова промисловість, сільське господарство, широке застосування має в сфері кондиціонування повітря тощо.

Для кінцевого продукту, що демонструє якість, це не тільки його стан на момент виробництва, а також термін його зберігання, який залежить від швидкості внутрішніх біохімічних перетворень та мікробіологічних процесів продукту. Ефективність подолання даних процесів залежить не тільки від кінцевого значення температур, але й від інтенсивності охолодження.

Площа теплопередавальної поверхні повітроохолоджувача $F_{В.О}$, м^2, визначається за формулою

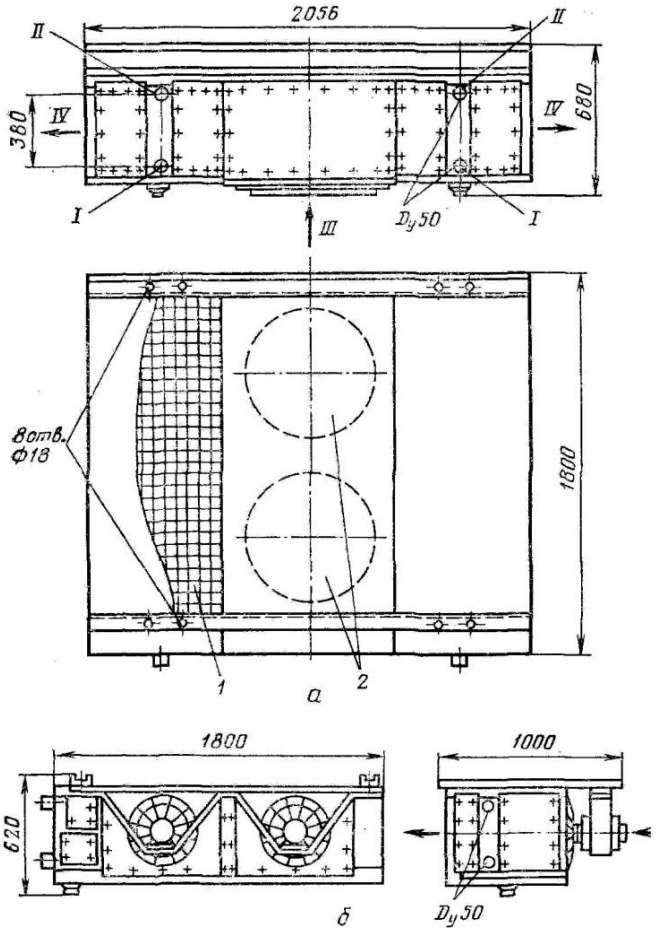
$$F_{B.O.} = \frac{Q_0 \cdot 1000}{k \cdot \Theta}$$

де Q=7 ^{0}C – температурний напір;

Q_0 – теплоприток в камеру, кВт;

k, Вт /(м^2 К) - коефіцієнт теплопередачі для t_0 = -10 ^{0}C, k =15, для t_0 = -30 ^{0}C, k =12,2.

Підбираємо аміачні повітроохолоджувачі типу ВОП, рис. 2.5.



I - вхід рідкого аміаку,
II – вихід пари аміаку
III – вхід повітря
IV – вихід повітря
1 – ребристий пучок труб повітроохолоджувача
2 – вентилятори

Рисунок 2.5 – Аміачні повітроохолоджувачі типу ВОП

У холодильній машині охолодження рідини здійснюється в теплообмінних апаратах – випарниках або охолоджувачах, які є різноманітними за своїми конструктивними особливостями. В багатьох випадках охолодження рідини (води) відбувається в кожухотрубних випарниках затопленого типу, де холодильний агент кипить безпосередньо на поверхні гладких або оребрених труб. Основні переваги цих апаратів полягають в їх надійності та простій технології виготовлення. Недоліками таких апаратів є небезпека замерзання рідини (води) у трубах та можливість розморожування пучка труб, що може призвести до руйнування апарату. Тому для отримання більш низьких температур хладоносія (води) без побоювань його руйнування, рекомендується використовувати кожухотрубні випарники з внутрішньо трубним кипіння

холодильного агенту. Ще однією особливістю таких випарників є мала заправка за холодильним агентом у порівнянні з затопленими випарниками. На рис. 2.1 зображена конструкція кожухотрубного випарника з кипінням холодильного агенту всередині труби.

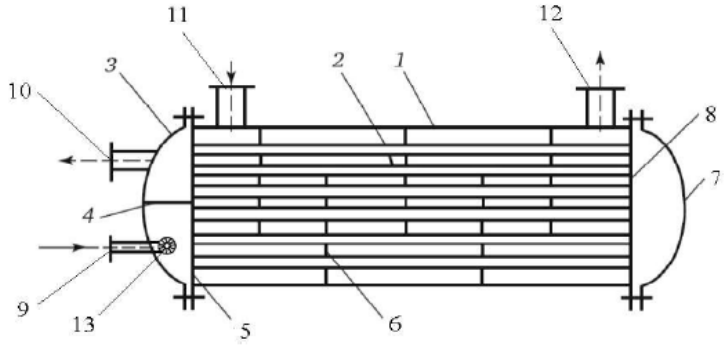


Рисунок 2.6 – Кожухотрубних випарник з внутрішньо трубним кипінням холодоагенту

На рис. 2.6 позначено: 1 – циліндрична обичайка; 2 – трубний пучок; 3 – штуцерна кришка; 4 – перегородка; 5,8 – трубчаста решітка; 6 – поперечні перегородки; 7 – глуха кришка; 9,10 – вхід і вихід холодильного агенту; 11,12 – вхід и вихід хладоносія; 13 – розподільний пристрій.

Важливим є підбір конденсатора, необхідну площу теплообміну, F, м^2, обчислюємо за формулою

$$F = 0{,}9\frac{Q_{кд}}{q_F}$$

де $Q_{кд}$ – теплове навантаження на конденсатор;
q_F = 2,5 кВт/м^2 – питомий тепловий потік.

$$F = \frac{0.9 \cdot 561}{2{,}5} = 201{,}96$$

Приймаємо випарний конденсатор марки МІК-2-200-Н.

2.3. Охолодження рідини в градирні

У схемі холодильної установки водоохолоджувальний пристрій – градирня необхідна для охолодження води, яка подається на маслоохолоджувачі гвинтових компресорів. Розглянемо основні види градирень та виконаємо розрахунок та підбір.

1. Холодоакумуляційна градирня.

Отримання холодної рідини можливо із застосуванням холодоакумуляційної градирні, що використовує як низький потенціал негативних температур повітря головним чином в кінцевий період зимової відлиги, так і холодне повітря, отримане холодильною машиною в теплий

період. Використання слабо негативних температур повітря (від мінус 1,5 °С і нижче) можливо за рахунок застосування зрошувальної насадки (5) виконаної у формі сферичних тіл (8) з гідрофільного матеріалу здатного вбирати подається крапельну вологу. Насадка кріпиться до сітки (9) за допомогою тримачів (10) виконаних з матеріалу з низьким коефіцієнтом теплопровідності, рис. 2.7.

Принцип роботи полягає у наступному:

1. Електровентилятор (1) знаходиться у відключеному стані. Зрошувальну насадку (5) насичують вологою за рахунок подачі води через форсунки (6).

2. Після насичення насадки (5) вологою подача води припиняється. В роботу включається вентилятор (1) для прокачування холодного повітря. З часом волога заморожується, а насадка (5) перетворюється в холодоакумуляційну масу з гранул сферичної форми.

3. Електровентилятор (1) зупиняється і подається отеплена вода через форсунки (6) на отриману холодоакумуляційну масу. Вода охолоджується за рахунок плавлення льоду, намороженого в насадці (5).

Представлена технологія охолодження рідини дозволяє досягати близько нульових температур. Під час протоки теплою водою, матеріал насадки вбирав воду і не потребує повторного насичення вологи, тому наступний цикл можна починати відразу з другого етапу.

Основний недолік представленого охолоджувального пристрою полягає в обмеженій можливості використання його безперервно протягом року без залучення додаткових повітроохолоджувальних машин. Ще одним важливим недоліком холодоакумуляційної градирні є відсутність можливості вести процес охолодження безперервно, що вимагає установки як мінімум кількох апаратів одночасно. Усе перераховані вище недоліки призводять до значного збільшення капітальних витрат і ускладнює монтаж системи.

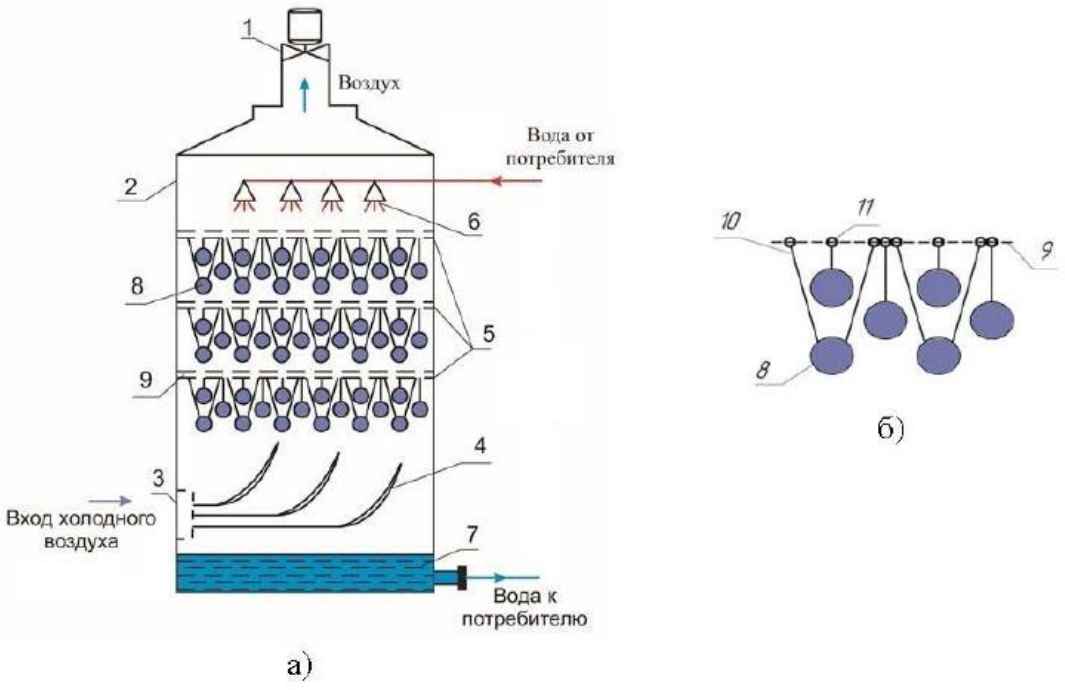


Рисунок 2.7 – Принципова схема холодоакумуляційної градирні з насадкою

На рис. 2.7 позначено: а) принципова схема холодоакумуляційної градирні: 1 – вентилятор; 2 – корпус; 3 – повітропровід; 4 – розподільник повітря; 5 – зрошувальна насадка; 6 – форсунки для подачі отепленої рідини; 7 – водоскидних басейн; б) зрошувальна насадка: 8 – тіло сферичної форми; 9 – сітка; 10 – держатель; 11 – вузол кріплення.

2. Вентиляторна градирня

Вентиляторні градирні дозволяють вести процес охолодження води стабільно, забезпечуючи стійке охолодження води з температурою охолодження близькою до теоретичної межі охолодження. У контактних апаратах з вимушеною тягою можливе регулювання витрати охолоджуючої води за рахунок відключення і (або) зміни частоти обертання вентиляторів.

Вентиляторні градирні розрізняються по виконанню: нагнітаюча тяга – вентилятори розташовані на рівні ґрунту, витяжна – вентилятори розташовуються зверху над зрошувачем, а потік повітря по відношенню до охолоджуючої води може бути спрямований як протитечія, частково протитечія, частково перехресний і повністю перехресний протитечія.

На рис. 2.8 представлена принципова схема вентиляційної градирні з витяжною тягою

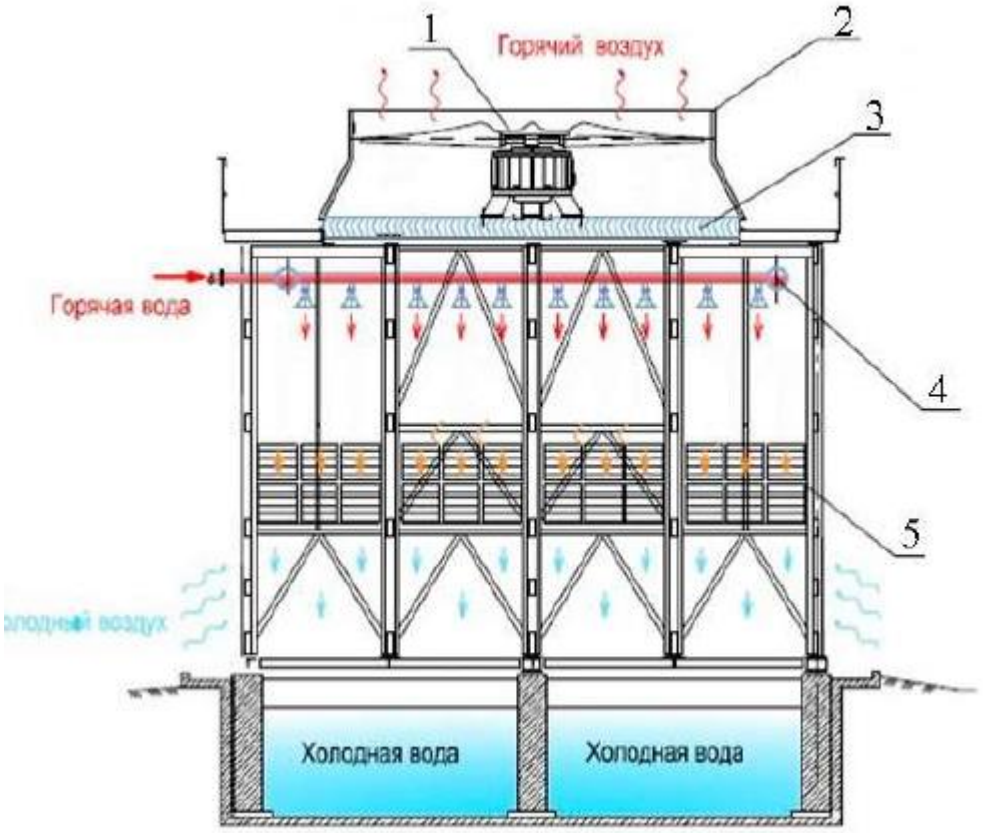


Рисунок 2.8 – Вентиляторна градирня

На рис. позначено: 1 – робоче колесо вентилятора; 2 – корпус вентилятора (дифузор); 3 – водоуловлювач; 4 – система водорозподілення; 5 – зрошувач.

Витяжні вентилятори найчастіше застосовуються у великих градирнях, а в малих переважно нагнітальні. Основним недоліком вентиляторної градирні є межа охолодження, яка сильно залежить від параметрів зовнішнього повітря і дорівнює температурі мокрого термометра.

3. Охолодження води у вентиляторній градирні різновисотного розташування

Ефективність зрошувальних пристроїв визначається впливом різних тепломасообмінних і гідродинамічних процесів, які в свою чергу взаємопов'язані. Кінцевим показником для підбору охолоджуючого пристрою є температура охолодженої рідини на виході з апарату. Відповідно, для зрошувальних пристроїв межею охолодження рідини буде температура мокрого термометра, яка в свою чергу залежить від вологості повітря, що подається і тиску в апараті.

Для пристроїв охолодження, розташованих на висоті 500 метрів і більше над рівнем моря, тиск в апараті буде нижче атмосферного, що необхідно враховувати при підборі і проектуванні градирень.

Корпус градирні 1 розділений на три ступені 3,4,5. Кожна ступінь оснащена повітрявхідними вікнами 2 для нагнітання холодного повітря за допомогою осьових вентиляторів 8. Вентилятори мають різною продуктивністю: максимальна продуктивність в нижній сходинці 5, а мінімальна у верхній ступені 3, що дозволяє рівномірно розподіляти потоки холодного повітря, рис. 2.8.

Отеплена рідина через розподільний пристрій 6 подається на багатоступінчастий зрошувач. Каплевідбійники 7 утримує дрібні краплі, що відносяться повітрям і повертає назад в апарат.

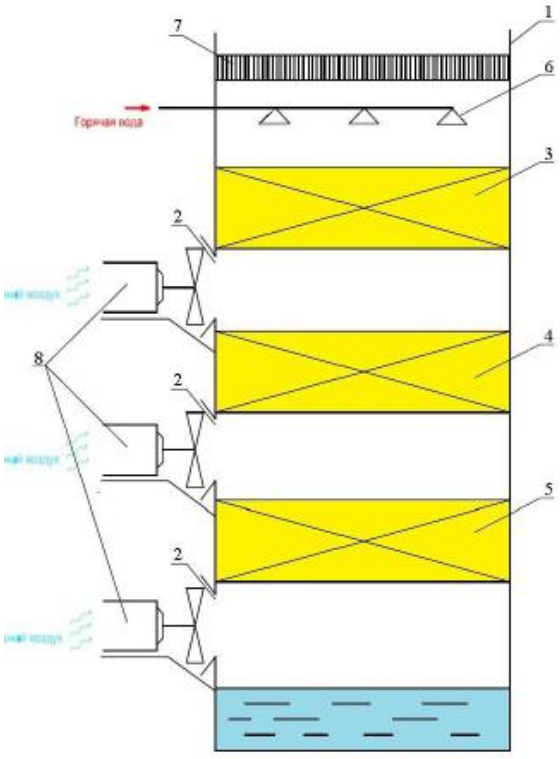


Рисунок 2.8 – Схема вентиляторної градирні з проміжною подачею повітря

На рис. 1.11 позначено: 1 – корпус; 2 – повітрявхідні вікна; 3,4,5 – ступені зрошувального пристрою; 6 – водорозподільна система; 7 – каплевідбійники; 8 – осьові нагнітальні вентилятори.

Недоліком представленого апарату є складність його реалізації (на кожну сходинку апарату необхідні осьовий вентилятор і зрошувальний пристрій). Холодильні установки, розміщені на різній висоті над рівнем моря, зустрічаються зрідка, а штучне розрядження повітря сильно ускладнює пристрій апарату і значно збільшує капітальні витрати.

4. Ежекційна градирня

В градирнях ежекційні типу відсутні обмеження по температурі рідини, що подається, що дозволяє використовувати її для охолодження води з температурою понад 60 °С. Даним обмеженням неможливо нехтувати в зрошувальних системах із застосуванням насадок, виготовлених з полімерного матеріалу, так як матеріал ставати пластичним і може зруйнуватися. Причому чим вище температура подачі охолоджувальної рідини, тим більше ефективність охолодження в апараті. Включення додаткових насосів дозволяють значно збільшити проходження рідини, змушуючи подавати більшу кількість зовнішнього повітря, тим самим збільшуючи поверхню контакту теплообміну, що дозволяє отримати перепад температур до 40 °С.

Відсутність обертових елементів забезпечує роботу градирні з мінімальним рівнем шуму і вібрацій, дозволяючи тим самим зняти обмеження за місцем її розташування. Ще однією важливою особливістю є легкодоступність до розташування форсунок. На рис. 2.9 представлена ежекційна градирня.

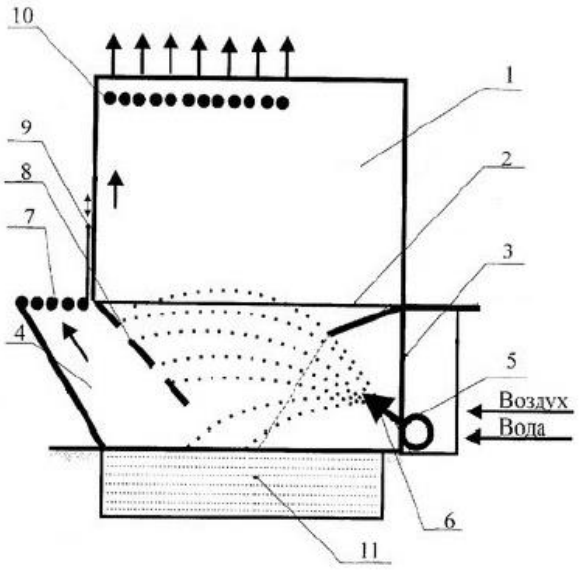


Рисунок 2.9 – Ежекційна градирня в розрізі

На рис. 1.12 представлено: 1 – корпус; 2 – секційна перегородка; 3 – воздуховодне вікно; 4 – воздуховихідне вікно; 5 – колектор водорозподільної системи; 6 – ежекційних форсунка; 7 – допоміжний каплеуловлювачі; 8 – зрошувач; 9 – регулювальна заслінка; 10 – основний каплеуловлювач; 11 – водоскидний басейн.

Корпус (1) ежекційної градирні розділений на секції перегородкою (2), в верхньої частини якого розташований основний каплеуловлювач (15). Повітря подається через воздуховодне вікно (3), яке розташовується в нижній частині корпусу. На протилежному боці від вікна (3) розташовується воздуховихідне вікно (4), на виході з якого розміщений допоміжний каплеуловлювач (7).

Регулювальна заслінка (9) дозволяє змінювати розмір вихідного вікна. З метою повторного дроблення крапель, градирня оснащена зрошувачем (8), що дозволяє інтенсифікувати процес тепло- і масообміну. Охолоджена вода збирається в басейні (11).

Основним недоліком ежекційної градирні є велика каплевтрати, що змушує заповнювати втрати свіжою водою. Так само до негативних сторін можна віднести складність експлуатації в період негативних температур зовнішнього повітря у зв'язку з миттєвим замерзанням дрібної водяної суспензії, а необхідність підтримувати високий тиск води в колекторі водорозподільної системи супроводжується високим споживанням електроенергії та скороченням терміну експлуатації трубопроводів системи.

5. «Суха» градирня – драйкулери

Суха градирня – ребристо-трубчастий апарат з циркуляцією охолоджувальної рідини по замкнутому контуру. Охолодження теплоносія в апараті здійснюється за рахунок теплообміну через стінку між теплоносієм і зовнішнім повітрям, що нагнітається вентиляторами. Теплообмінник являє собою безліч мідних теплообмінних труб з алюмінієвими ребрами, що дозволяє розвинути досить високу площу теплообміну.

Застосування драйкулера в системах охолодження мають незаперечні переваги: закритий контур дозволяє розміщувати пристрій охолодження в будівлі, а також запобігає забрудненню навколишнього середовища; не вимагається заповнення втрат свіжою водою; теплоносій не контактує з зовнішнім повітрям, а, отже, не вимагає додаткової очистки; дає можливість великого вибору теплоносіїв (вода, водяні розчини, масло тощо); простота у виконанні монтажних робіт і обслуговування.

Принципова схема роботи сухий градирні представлена на рис. 2.10.

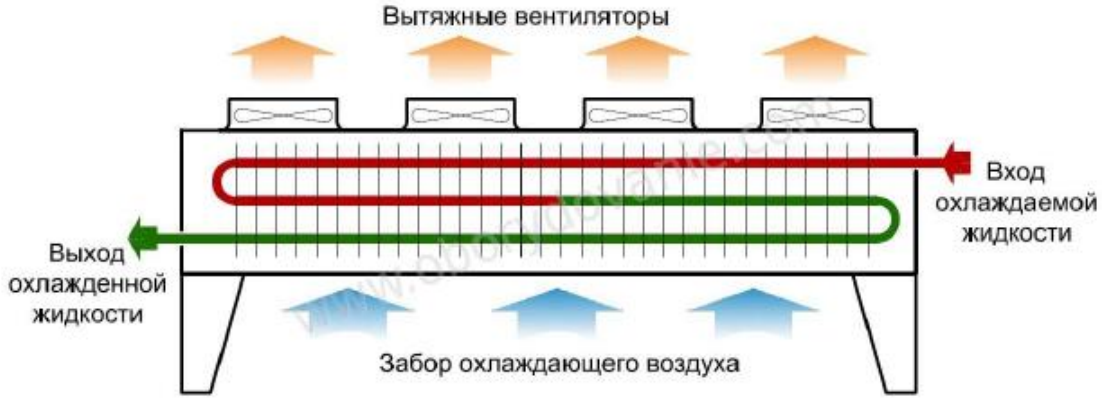


Рисунок 2.10 – Принципова схема роботи сухий вентиляторної градирні

Важливим недоліком драйкулерів є межа охолодження теплоносія, який залежить від температури навколишнього повітря, обмежуючи тим самим область використання таких пристроїв охолодження.

При негативних температурах зовнішнього повітря з'являється небезпека замерзання води, що може призвести до пошкодження дорогого теплообмінного обладнання. Ще одним важливим негативним фактором є дорожнеча радіаторної градирні, ціна якої перевищує більш ніж в п'ять разів градирні випарного типу при порівнянній тепловим навантаженням.

У схемі холодильної установки водоохолоджувальний пристрій – градирня необхідна для охолодження води, яка подається на маслоохолоджувачі гвинтових компресорів.

Розрахункова теплове навантаження на градирню, $Q_{гр}$ кВт, обчислюємо за формулою:

$$Q_{гр} = \sum N_i$$

де $\sum N_i$ – сумарна індикаторна потужність компресорів, кВт.

$$Q_{гр} = 15{,}2 + 115 = 130.2$$

Приймаємо градирню марки ГРАД-24, рис. 2.11.

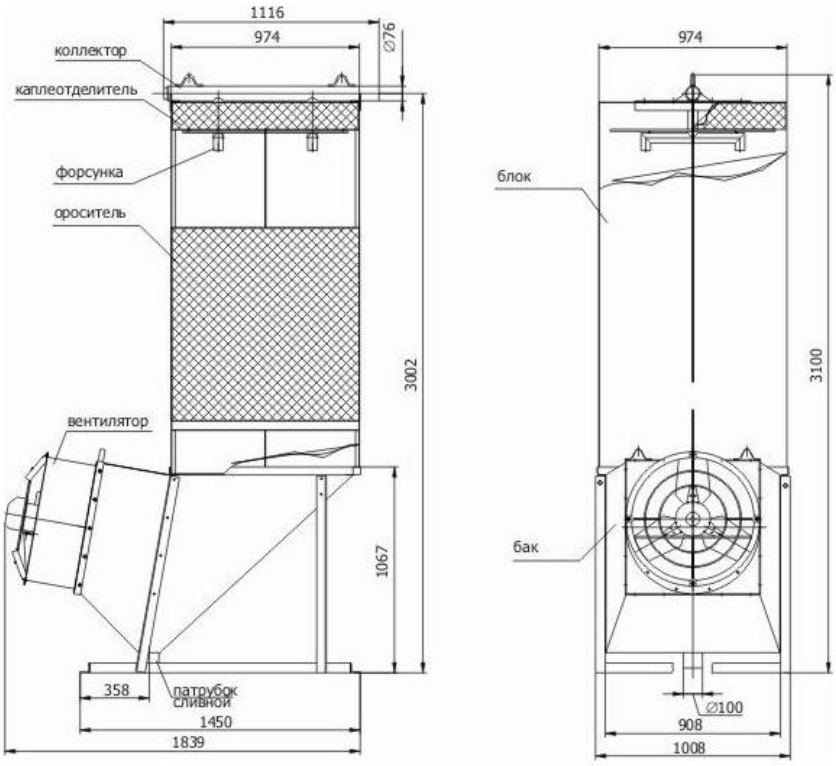


Рисунок 2.11 – Градирня марки ГРАД-24

2.4 Масловіддільник

Для уловлювання масла, що уноситься з компресора підбираємо масловідділювач циклонного типу. Підбір ведемо по діаметру апарату, м.

Діаметр апарату, D, м, визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4(\sum G_{ад} \cdot v_н)}{\pi \cdot [\omega]}}$$

де [ω] – допустима швидкість руху пара в апараті [ω] ≤1 м/с;

$v_н$ – питомий об'єм пари, що нагнітається в масловіддільнику;

$G_{ад}$ – дійсна масова витрата холодоагенту в компресорі високою ступеня, кг/с;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (0{,}425 \cdot 0{,}127)}{3{,}14 \cdot 1}} = 0{,}26$$

Підбираємо аміачний вертикальний масловідділювач циклонного типу 50мА. Місткість посудини – 0,043 м^2, діаметр – 273 мм, висота – 1335 мм, маса – 98 кг.

2.5. Заходи, пов'язані з обслуговуванням теплообмінних апаратів холодильної установки

До теплообмінних апаратів розробленої холодильної установки відносяться повітроохолоджувачі, випарний конденсатор, градирня. При обслуговуванні теплообмінних апаратів, крім їх включення в роботу, встановлення необхідного режиму і виключення, здійснюють операції з очищення теплообмінної поверхні від забруднень, виявлення і усунення нещільності в апараті та підведених трубопроводах, профілактичний ремонт, а також випробувань на міцність й щільність в разі потреби. Погіршення теплопередачі залежить від складу і товщини шару забруднень.

Значення коефіцієнта теплопровідності основних видів забруднення значно менше коефіцієнта теплопровідності сталевої стінки теплообмінних апаратів, λ≈50 Вт / (м · К), тому термічній опір стінки апарату помітно збільшується при наявність на ній навіть тонкого шару забруднення.

Обслуговування повітроохолоджувачів зводиться до забезпечення необхідний засобів роботи з їх поверхнею. Для досягнення цього здійснюються:

– необхідне заповнення повітроохолоджувача рідким холодоагент;

– спостереження за роботою вентиляторів, їх електродвигунів та підтримка їх в справному стані;

– контроль за циркуляцією повітря через повітроохолоджувач;

– проведення відтаювання повітроохолоджувачів для видалення снігової шуби і мастила.

Відтаювання приладів охолодження є однією з основних операцій обслуговування повітроохолоджувачів, вона відіграє важливу роль в забезпеченні безперервного технологічного процесу холодопостачання охолоджуваних приміщень. Через неправильний вибори циклу відтаювання температурний режим в холодильних камерах не витримується, тому потрібне тривале відтаювання, а часто і ремонт. Іноді теплообмінна поверхня змерзається в єдиний блок льоду, до якого примерзають вентилятори, що призводить до згоряння електродвигунів.

Існує кілька методів відтаювання повітроохолоджувачів: гарячими парами, електрикою і водою. На рис. 2.12 показана функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача паром високого тиску із застосуванням поплавця регулятора високого тиску. Відтаювання теплообмінного блоку і піддону проводиться гарячими парами. На схемі показано відтаювання змійовиком не тільки піддону, а й труби, що відводить талу воду.

При відтаюванні снігової шуби на охолоджуючих пристроях тиск в повітроохолоджувачах не повинно перевищувати тиску випробування на щільність для апаратів (судин) сторони всмоктування (~ 10 кгс/см^2). Тиск в повітроохолоджувачах має контролюватися манометром. Перед розморожуванням приборів охолодження їх необхідно звільнити від рідкого холодоагенту і масла, які слід зливати в дренажний ресивер з подальшим випуском масла з нього в клоака.

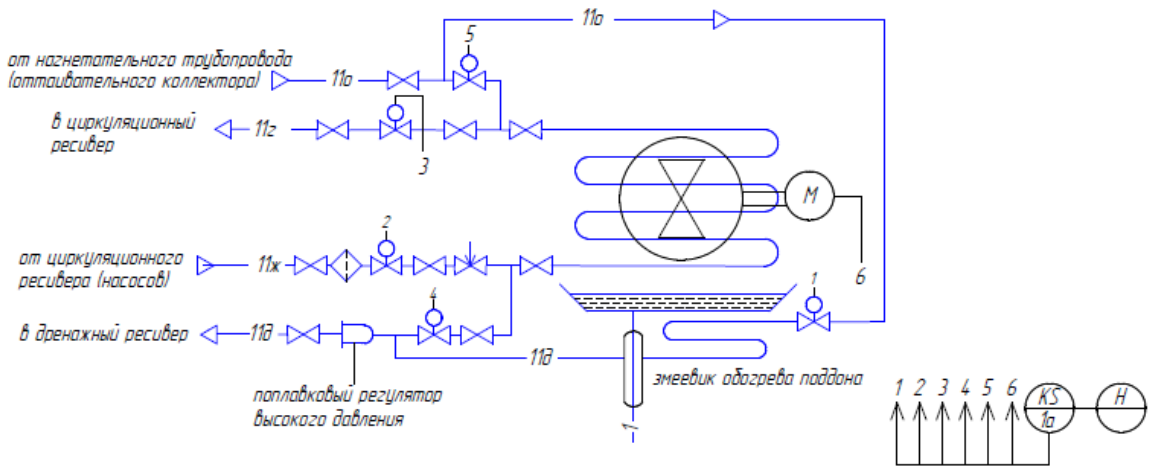


Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувачів паром високого тиску

Автоматизована система відтаювання повітроохолоджувачів в насосних схемах була запропонована данською фірмою «Danfoss». Схеми відтаювання при верхній і нижній насосній подачі різні. При нижній подачі (рис. 2.13) в режимі охолодження відкриті соленоїдні клапани СВ1 і СВ2, а клапан СВ3 закритий. У режимі відтавання клапани СВ1 і СВ2 закривається, а через відкритий клапан СВ3 подається гаряча пара, що проходить по піддону і теплообмінній поверхні. Після конденсації він подається через пілотний вентиль у віддільники рідини. Роботою соленоїдних клапанів управляє або

контролер, або реле часу з додатковою кнопкою обов'язкового відтавання. Сигнал до закінчення відтаювання дає датчик температури ребра 1а. Електродвигун вентилятора 4 при відтаюванні не працює, щоб не вкидати в холодильну камеру тепле повітря. Запобіжний клапан, спеціально вироблений для таких схем, перепускає надлишок холодильного агенту (при зупинках в разі надмірного теплоприпливу, пожежі, закриття клапанів та вентилів) в віддільник рідини.

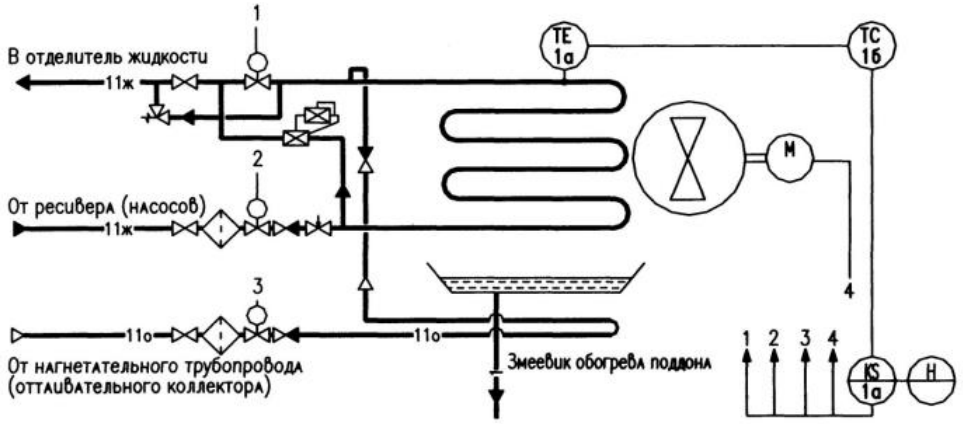


Рисунок 2.13 – Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача з нижньою насосною подачею

Схема відтаювання при верхній насосній подачі показана на рис. 2.14. Вона відрізняється від наведеної вище тільки місцем установки пілотного і перепускного вентилів.

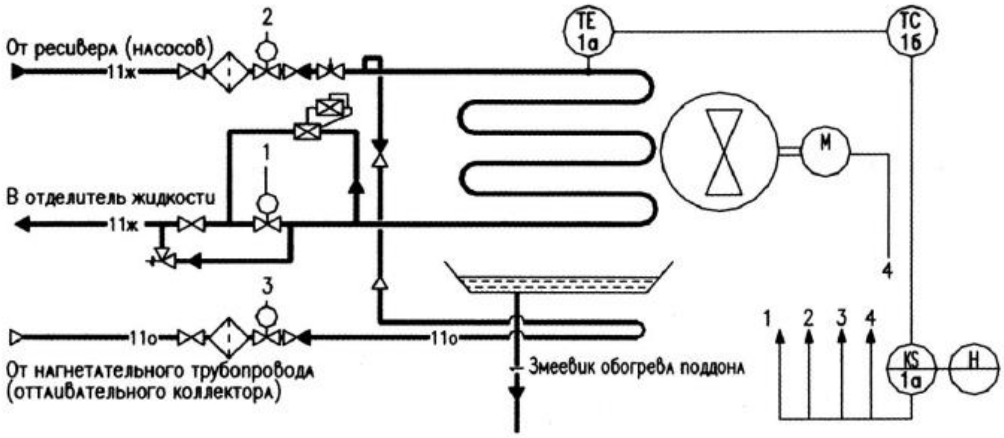


Рисунок 2.14 – Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача з верхньою насосною подачею

Ряд фахівців вважає, що використання додаткових пілотних вентилів в схемах насосної подачі надмірно, цілком достатньо перепускного клапана, налаштованого на необхідний тиск.

Сьогодні, незважаючи на всі недоліки, електровідтаювання залишається поза конгруенцією в комерційних холодильних установках і міцно займає нижній сегмент промислового холоду. На рис. 2.15 показана схема електровідтаювання: при відтаванні соленоїдний клапан закривається, рідкий

холодильний агент википає, електродвигун вентилятора при цьому зупиняється. Обігріваються також піддон і труба, що відводить талу воду в низькотемпературних холодильних камерах.

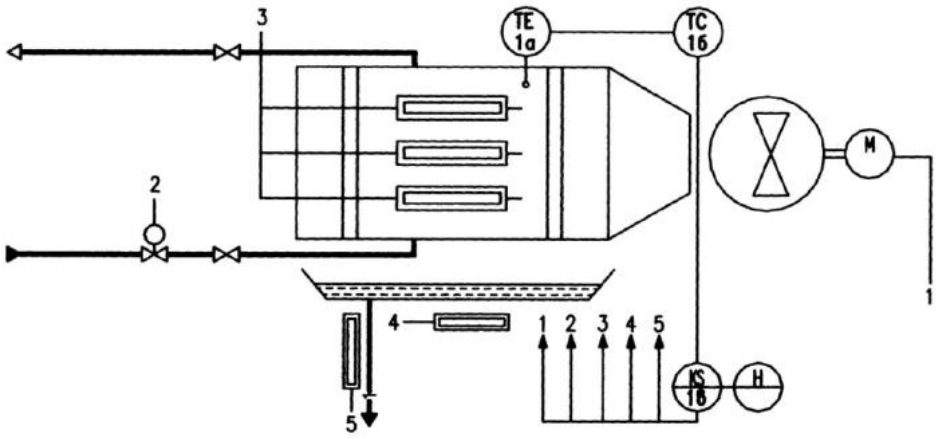


Рисунок 2.15 – Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача електричними тенами (електровідтаювання)

Зрозуміло, що одночасне відтавання всіх повітроохолоджувачів у холодильній камері проводити не слід, інакше температура в момент відтаювання значно підвищиться, що при електровідтаюванні пов'язане зі значною витратою електроенергії. Повітроохолоджувачі необхідно відтаювати по одному (при великій кількості – по 2-3).

Відтаювання повітроохолоджувачів водою досить поширене, зокрема, у швидкоморозильних апаратах (рис. 2.16). При натисканні кнопки обов'язкове відтаювання (як правило, такі апарати працюють в ручному режимі), реле часу або, як показано на рисунку по датчику перепаду тиску на вході та виході з випарника, відкривається соленоїдний клапан СВ2, зупиняється електродвигун вентилятора 1 та до форсунок подається тепла вода через відкритий соленоїдний клапан СВ3. Відтанувша і подаваєма вода відводяться через дренажну систему.

Досвід експлуатації цієї схеми відтавання показує, що, якщо зливні трубопроводи мають діаметр 80-100 мм, а довжина труб, що проходять по низькотемпературним приміщень, невелика, відтавання можна проводити без обігріву піддону і зливних трубопроводів. Цей спосіб може поєднуватися з обігріванням повітроохолоджувачів гарячою парою холодоагенту з нагнітального боку. Температура води, що зрошує труби, не повинна перевищувати 35 ºС, щоб не відбувалося підвищення тиску холодоагенту в приладах охолодження та утворення в низькотемпературному приміщенні туману.

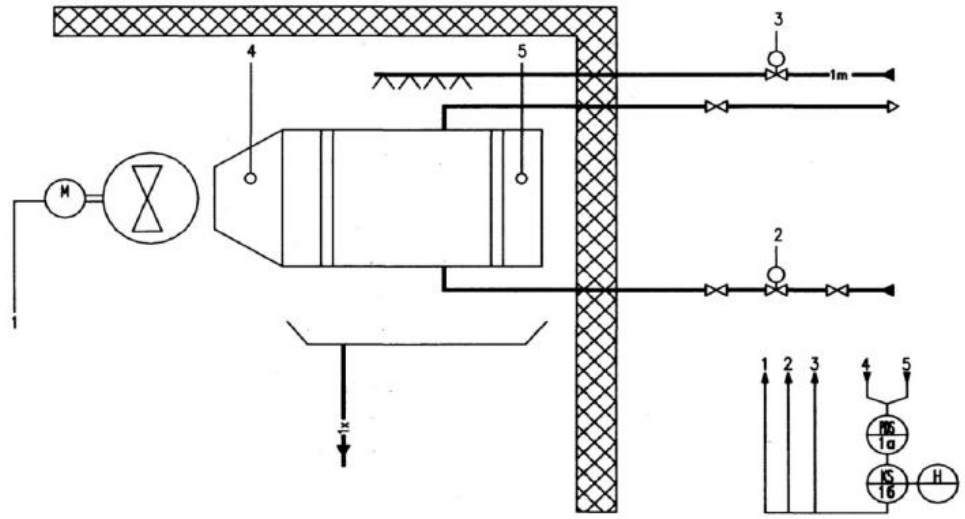


Рисунок 2.16 – Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача водою

Показане реле перепаду тиску повітря на вході та виході з теплообмінника випускається серійно. Воно часто застосовується в кондиціонуванні як датчик забруднення повітряних фільтрів або на конденсаторах повітряного охолодження, де можливо серйозне забруднення теплообмінної поверхні.

При обслуговуванні конденсатора повинні бути забезпечені достатня подача охолоджувальної води і повітря, своєчасне очищення теплопередавальної поверхні від забруднень і звільнення від повітря та неконденсуючий газів.

За даними використання свіжої води з карбонатною твердістю 6,4 мг · екв/л після шести місяців експлуатації випарного конденсатора призводить до наростання водяного каменю на поверхні труб, товщина якого становить 0,5 ÷ 0,7 мм. При товщині шару накипу 1,5 ÷ 2,0 мм температура конденсація зростає на 2 ÷ 3 ºС при щільності теплового потоку в конденсаторі q_F = 2,5 кВт/м^2, поверхня труб необхідно очищати. Для запобігання утворення водяного каменю рекомендується обробляти додаваєму свіжу воду за допомогою поліфосфатів або Na-катионітових фільтрів. Видаляють водяний камінь також зрошуючи поверхню труб слабким 3% -ним розчином соляної кислоти в суміші з 3% -ним розчином оцтової кислоти. Якщо поверхню труб оцинкована, то використовувати соляну кислоту не рекомендується.

У зимовий час при температурі повітря 0 °С і нижче можна припинити циркуляцію води і використовувати випарний конденсатор як повітряний, але при цьому теплова продуктивність конденсатора істотно знижується.

При експлуатації градирень і випарних конденсаторів внаслідок зростання концентрації солей в циркулюючої воді необхідно регулярно (через 2-4 дні) спускати воду з піддону. Робота випарного конденсатора і градирні відбувається в середовищі з підвищеною вологістю, що призводить до корозії металу, отже, необхідно вжити заходів для захисту апаратів від корозії. Випуск масла з конденсатора необхідно проводити не рідше одного разу на місяць через маслозбірник. Аналіз води на присутність в ній аміаку необхідно

проводити один раз на місяць. Випуск повітря в міру його накопичення здійснюється через повітроохолоджувач.

Скупчення повітря і газів призводить до підвищення тиску в конденсаторі, оскільки в цьому випадку воно складається з парціального тиску, тобто пару холодоагенту і тиску повітря. Це призводить до зниження холодопродуктивності компресорного агрегату, збільшення витрачаємої потужності і підвищення температури нагнітання компресора.

Наявність повітря сприяє погіршенню теплообміну в конденсаторі через утворення газової плівки на теплообмінній поверхні, що також сприяє підвищенню тиску в конденсаторі. Частина повітря від 1,5 до 5% залишається в установці після вакуумування системи. Повітря потрапляє в систему в такий спосіб: через нещільності при роботі холодильної установки при тиску кипіння нижче атмосферного, при розбиранні компресорів та апаратів під час ремонту, при заправці маслом, через сальники і прокладки компресорів при роботі з прикритим всмоктуючим вентилем.

Крім того, неконденсуючі гази можуть виділятися з забруднень, що присутні в хладагенті та продуктах розкладання холодоагенту і масла при високій температурі нагнітання. Наявність газів в системі охолодження можна визначити за зовнішніми ознаками: 1) при працюючих компресорах спостерігається різниця між температурою рідкого холодоагенту, що виходить з конденсатора і температурою, що відповідає тиску в конденсаторі; 2) підвищена температура пара після його стиснення в компресорі.

Повітря і неконденсуючі гази скупчуються в конденсаторі та лінійному ресивері. На аміачних холодильних установках для видалення повітря застосовуються повітроохолоджувачі. Для ефективної роботи повітроохолоджувача суміш холодоагенту і газів слід забирати з того місця в холодильній установці де концентрація газів вище. При непрацюючих компресорах концентрація суміші в конденсаторі й лінійному ресивері однакова. Під час роботи компресорів у конденсатор надходить потік пара хладагенту швидкість якого перевищує швидкість дифузії повітря в холодоагенті.

На рис. 2.17 представлена схема підключення повітроохолоджувача періодичної дії, розробленого фірмою York Refrigeration. Аміачно-повітряна суміш надходить у повітрявідділювач з рідинного колектору випарного конденсатора, проходячи через шар рідкого холодоагенту, який знаходиться в стані насичення за рахунок процесу теплообміну розділяється на сконденсований аміак і повітря, яке барботує у верхню частину апарату. Рідкий холодоагент надходить у порожнину повітрявіділювача через розширювальний вентиль (ТРВ), дроселюється і вступаючи спочатку в змійовик, розташований всередині повітроохолоджувача. Повітря випускається під рівень води в закриту посудину для відділення залишків аміаку. Пар хладагенту відводиться в циркуляційний ресивер, що працює під найнижчим тиском кипіння в схемі холодильної установки. Надлишки рідкого холодоагенту яка спрямовується в лінійний ресивер. Схема містить чималу кількість запірної та регулюючої арматури, що вимагає попереднього налаштування.

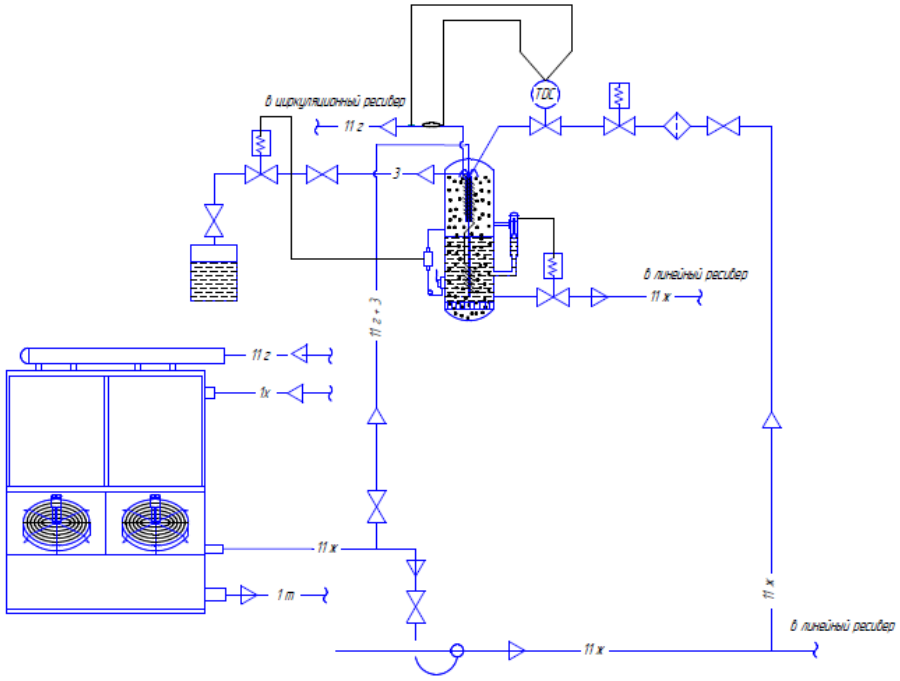


Рисунок 2.17 – Схема підключення повітроохолоджувача періодичної дії GP 2 Gas/Air Purger

На рис. 2.18 представлена схема підключення повітроохолоджувача періодичної дії, розробленого фірмою Grasso. Відбір парогазової суміші відбувається з рідинного колектору конденсатора, яка подається у посудину з охолоджуючим змійовиком, що є випарником малої хладонової холодильної установки. Парогазова суміш надходить через подводячу трубку, через неї ж відводиться і утворився у процесі конденсації з суміші рідкий аміак. Повітря відводиться в атмосферу.

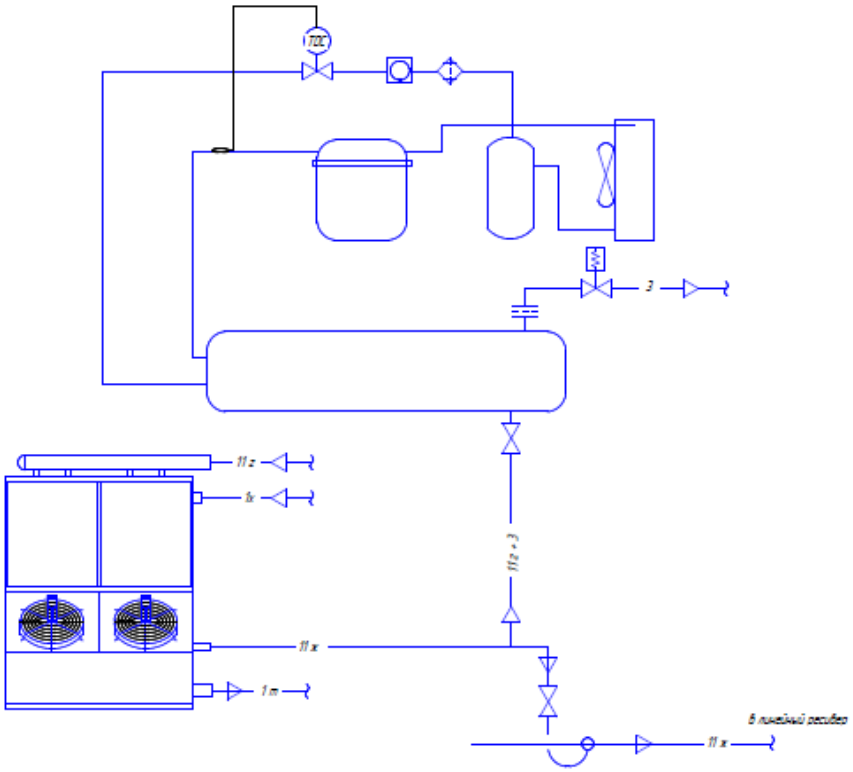


Рисунок 2.18 – Схема підключення повітроохолоджувача Grasso Purger

Відокремлювач повітря складається з компресорно-конденсаторного агрегату, який працює на хладоне R404a, фільтра-осушувача, оглядового скла, терморегулюючого вентиля, випарника – теплообмінника, регулятора високого і низького тиску, соленоїдного клапана випуску відокремлених газів.

Повітроохолоджувач включається в роботу автоматично, якщо концентрація неконденсуючих газів перевищує 2% і відключається при зниженні її до значення менше 1%.

На підставі аналізу схем відтаювання приладів охолодження, приймаємо в проекті схему автоматичного відтаювання повітроохолоджувачів парою висококого тиску (рис. 2.18), яка є найбільш надійною і зарекомендувала себе в процесі експлуатації холодильних установок. Для видалення повітря і неконденсуючих газів вибираємо повітроохолоджувач Grasso Purger.

РОДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у компресорному цеху

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Аналіз даних факторів необхідний з метою їх подальшого попередження. Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий чинник, вплив якого на працюючого у певних умовах призводить до травми або до погіршення стану здоров'я.

Небезпечні виробничі фактори:

– небезпека удару електрострумом;

– небезпека падіння з висоти;

– небезпека загоряння при опроміненні та вибухах обладнання;

– небезпека опіків гарячою водою, паром (при розривах трубопроводів, паропроводів);

– небезпека опіків відкритими джерелами вогню, електричної дугою.

Згідно статистики електротравматизм – найчастіший тип травматизму. 65% електротравм закінчується смертельним виходом. Для виключення електротравматизму при пуско-налагоджувальних роботах необхідно забезпечити електричну безпеку. Електрична безпека – це система організаційних та технічних заходів щодо захисту людських дій від електричного струму, електричної дуги, статичної електрики, електромагнітного поля. Порушення електричним струмом – результат впливу на електричний струм тіла людини та електричної дуги. Електричний струм, що проходить через живий організм, виробляє тепловий ефект, який виражається в певних ділянках тіла, горі, нагріванні кровоносних судин, крові, нервових волокон тощо.

Електролітична (біохімічна) дія обумовлена розкладанням крові та інших органічних рідин, в результаті чого значне порушення їх фізико-хімічних складових. Біологічна (механічна) дія за рахунок стимуляції живих тканин організму, що супроводжується судорожними скороченнями м'язів (у тому числі сердца, легких).

Пораження електричним струмом супроводжується електричними опіками (струм або контакт: дуги, комбіновані або змішані, електричні знаки наклейки), металізацією шкіри, механічними пошкодження, ударами електричним струмом. Ураження електричним струмом підрозділяються на чотири рівні: потягнення м’язів без втрати свідомості, сіпання м'язів з втратою свідомості, втрата свідомості та дихальної недостатності або серцевої функції, клінічна смерть в результаті фібриляції серця або асфіксії (удушення).

3.2. Освітлення

Виробнича санітарія – це система організаційних і технічних засобів для запобігання або зменшення впливу на робочих шкідливих факторів. Стандарти для виробничої санітарії та гігієни праці визначаються одиницею промислових і побутових приміщень, робочих місць, відповідно до фізіології і професійних обмежень здоров'я і безпеки в повітрі виробничих приміщень пилу, гази, пари.

Характеристики умов праці та безпеки роботи обчислюються показниками, що відображають енергоозброєність праці, забрудненість і вологість повітря, системи освітлення робочого місця, шум, вібрацію тощо. Пуско-налагоджувальні роботи можна віднести до середньої категорії тяжкості праці та є роботою з підвищеною небезпекою. При виконанні робіт підвищеної небезпеки електрослюсарю повинні бути видані всі захисні засоби, необхідні за характером і умовами виконання робіт відповідно до вимог ПТБ.

У розглянутому компресорному цеху використовується спільне освітлення: освітлення, при якому недостатнє природне освітлення доповнюється штучним електричним, виконаним за системою загального освітлення. При недостатньому освітленні робочого місця необхідно застосовувати додаткове місцеве освітлення (ліхтарі або переносні світильники напругою не вище 12 В). Забороняється застосовувати переносні світильники напругою 220 В. При роботах з лампами, що містять пари ртуті (лампи білого світла ЛБС, лампи денного світла ЛДС, лампи ДРЛ) треба бути обережними, щоб не розбити лампу. Якщо ж лампа розбилася, то приміщення треба провітрити, а металеву ртуть зібрати за допомогою гумової груші. Повноту збору ртуті перевіряють із застосуванням лупи. Частину, що залишилася ртуті видаляють з підлоги ганчіркою, змоченою 0.2% підкисленим розчином марганцево-кислого калію або 20% розчином хлорного заліза. Всі відходи ртуті здавати на зберігання до утилізації в спеціальну ртутну кімнату.

1. Вибір джерел світла.

Серед масового використання джерел світла, що випускаються нашою промисловістю є лампи розжарювання, люмінесцентні лампи і ДРЛ. Основне джерело світла для загального, так і для комбінованого освітлення є люмінесцентні лампи. Найбільш економічним є тип лампи LБ. Якщо спеціальні вимоги до перенесення кольорів слід використовувати тип лампи ЛД або ЛДЦ. У нашому випадку, ми вибираємо тип лампи ЛБ.

2. Вибір системи освітлення.

Проектування штучного освітлення двох систем: загальне (рівномірне і локалізоване) та комбіноване (загальне місцеве додаткової вартості) у робочому приміщенні з використанням загального рівномірного освітлення.

3. Підбір освітлювальних приладів.

Основні показники, які визначають вибір лампи при проектуванні системи освітлення слід розглядати дизайн лампи з урахуванням умов навколишнього середовища, розподілу світла лампи, ефективність світильника.

Виберіть тип зовнішнього освітлення подвійний лампою ОД для загального освітлення, тому що кімната є хорошим відображенням стелі та стін.

4. Підбір освітлювальних приладів і коефіцієнта безпеки.

Вибір освітлення залежить від розміру об'єкта розрізнення (товщина лінії, ризики, лист висота), контраст з фоном об'єкта, фонових характеристик. Згідно гостів, освітлення приміщень для цієї роботи 200 Люк при освітленні лампами розжарювання. Отримане значення коригується на коефіцієнт запасу міцності освітлення, так як з часом через забруднення світильників і ламп зменшують світловий потік знижується освітленість.

Для районів з виділенням пилу низькою К3 = 1,5 – з люмінесцентними лампами.

5. Розміщення освітлювальних приладів.

Організуємо світильники рядами паралельно стінам з вікнами

Відстань між лампами в серії $\lambda = L/h$

де L – відстань між рядами ламп;

h – висота лампи висить над робочою поверхнею.

$\lambda = 1.3$.

Відстань від стін до крайніх світильників 1/3L.

Висоту підвісу світильника приймаємо рівною hc = 1.5 м. Тоді висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює h = H – hc – hp = 5 – 1,5 – 1 = 2.5 м. (Нр = 1 м – висота робочої поверхні).

L = h λ = 2.5 1.3 = 3.25 м.

Встановлюємо 6 світильників, рис. 3.1, табл. 3.1.

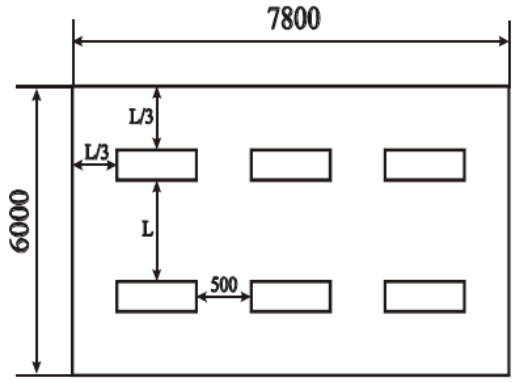


Рисунок 3.1 – План розташування світильників у приміщенні

Таблиця 4.1– Параметри обраного світильника

Тип світильника	Кількість і потужність лампи	Розміри, мм			ККД, %
		Довжина	Ширина	Висота	
ОД-2-80	2·80	1531	266	198	75

6. Розрахунок освітлювальної установки.

Розрахунок проводимо методом коефіцієнта використання.

Величина світлового потоку лампи визначається за формулою:

$$F = (E \cdot k \cdot S \cdot Z) / n \cdot \eta$$

де F – світловий потік кожної з ламп, лм;
E – мінімальна освітленість, лк;
k – коефіцієнт запасу;
S – площа приміщення, $м^2$;
n – число ламп у приміщенні;
η – коефіцієнт використання світлового потоку;
Z – коефіцієнт нерівномірності приміщення.

Визначимо значення коефіцієнта η. Для визначення коефіцієнта використання приміщення вам потрібно знати індекс і, відбивну здатність стін і потік, тип лампи.

$$i = S / h \cdot (A + B),$$

де S – площа приміщення, $м^2$;
h = 2.5 м – висота підвісу світильників над робочою поверхнею;
A і B – сторона приміщення.

Знаходимо індекс приміщення: $i = 7.8 \cdot 6 / 2.5 \cdot (7.8 + 6) = 1.357$.
Коефіцієнти *pc* і *pn* оцінюємо суб'єктивно *pc* = 30% і *pn* = 50%.
Значення коефіцієнта використання η = 51%
Для світильників з люмінесцентними лампами Z = 0.9.
F = 4320 (потужність ламп 80 Вт, лампа ЛБ).
Визначимо мінімальну освітленість

$$E = (F \cdot n \cdot \eta) / (k \cdot S \cdot z) = (4320 \cdot 12 \cdot 0.51) / (1.5 \cdot (7.8 \cdot 6) \cdot 0.9) = 418.46, лк.$$

Згідно стандартів величина освітленості при загальному освітленні складає 400 лк, отже система освітлення спроектована правильно.

Повітря робочого приміщення може виявитися насиченим домішками шкідливих газів або парів. Шкідливі пари або гази, проникаючи в організм людини викликають отруєння. З огляду на ступінь токсичності, фізико-хімічні властивості, шляхи проникнення речовини в організм, відповідно до вимог санітарії в повітрі робочої зони виробничих приміщень встановлюються гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, перевищення яких не допускається.

Захист від шкідливих газів, пари передбачає влаштування місцевої витяжної вентиляції для відсмоктування речовин безпосередньо від місця їх утворення. При недостатності використання витяжної вентиляції застосовують засоби індивідуального захисту органів дихання – фільтруючі та ізолюючі шлангові або кисневі прилади.

Також для забезпечення продуктивної й комфортної роботи необхідно передбачити відповідний захист від шуму. Численними дослідженнями встановлено, що шум є загально біологічним подразником і в певних умовах може впливати на всі органи і системи організму людини. Інтенсивний шум при щоденному впливі призводить до виникнення профзахворювань. При підвищеному рівні шуму необхідно застосовувати засоби захисту органів слуху: протишумові навушники або вкладиші «Беруші».

Для захисту від дії підвищених температур необхідно застосовувати спецодяг костюм суконний, спец черевики і рукавиці і при t вище 32°С душіруючі установки або переносні вентилятори. Повинні бути огороджені або теплоізольовані гарячі частини діючого обладнання, встановлюватися вентиляція. Для захисту від впливу низьких температур: застосовувати теплий спецодяг, спец взуття.

3.3. Пожежна безпека

Відповідно до «Типових правил пожежної безпеки» (ПБ) затвердженими головним управлінням пожежної охорони, відповідальність за забезпечення пожежної безпеки несе керівник підприємство або заступник. Відповідальність за пожежну безпеку цехів, відділів, складів, майстерень та інших виробничих ділянок несуть керівники цеху, відділу, майстерень або особи, які виконують їх обов'язки.

Члени добровільних пожежних дружин (ДПД), а також тих, які включені до складу екіпажу повинні бути повністю обізнані про правила пожежної безпеки і вимагати від інших їх реалізації, контролювати, а також в разі вогню, активно виконувати дії для його придушення.

Усі промислові, офісні, складські та допоміжні будівлі завжди повинні утримуватися в чистоті. Проходи, виходи, коридори, тамбури, драбини не дозволяється захаращувати різні об'єкти і обладнання. Всі двері евакуаційних виходів повинні вільно відкриватися в напрямку виходу з будівлі. У разі виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей, які розташовані в виробничому приміщенні.

У підвалі та на першому поверхах виробничих і офісних будівель забороняється застосування й зберігання вибухових речовин, балонів стисненого газу та інших полімерних матеріалів, які мають підвищену пожежну небезпеку. Кількість аварійних виходів з кожного виробничих будівель і приміщень, а також їх розробки й планування рішення повинні відповідати будівельним нормам і правилам. У кожній кімнаті виробничого майстра повинна бути схема евакуації робітників з цеху, дільниці, відділу тощо.

Забороняється проводити перепланування виробничих і службових приміщень без попередньої розробки проекту, погодженого з місцевими органами нагляду та затвердженого головним інженером комбінату. У виробничих будівлях I, II і III ступеня вогнестійкості не допускається влаштовувати антресолі, перегородки, комори з горючих матеріалів.

У виробничих і адміністративних приміщеннях забороняється:

– встановлювати шляхи евакуації виробничого устаткування, меблі, сейфи та інших предметів;

– прибирати приміщення з використанням бензину, газу та інших легкозаймистих і горючих рідин;

– залишати після операції промивки печі, включених в електричних нагрівальних приладів (електронагрівачі, каміни тощо);

– проводити прогрів замерзлих труб різних систем паяльними лампами або будь-якими іншими способами, з використанням відкритого полум’я.

– куріння дозволено лише на заводах в спеціально відведених (за погодженням з охороною підприємства пожежі) районах, обладнаними урнами для недопалків і ємності для води. У цих місцях повинні відображатися напис "місце для куріння".

Території і приміщення повинні бути укомплектовані необхідними засобами пожежогасіння відповідно до чинних норм. Обслуговуючий і ремонтний персонал повинен знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння, у межах робочого місця, пожежних кранів і уміти користуватися ними, рис. 3.2.

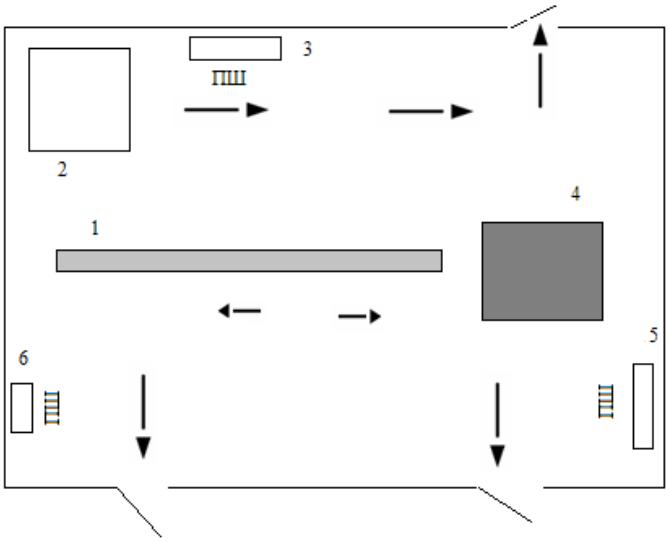


Рисунок 3.2 – План евакуації при пожежі: 1 – цех, 2 – склад, 3,5,6 – пожежний щит, 4 – холодильне обладнання

При виникненні пожежі або ознак горіння по телефону особисто або через оточуючих людей:

– викликати пожежну частину;

– видалити в безпечне місце людей;

– приступити до ліквідації пожежі наявними засобами пожежогасіння з дотриманням заходів безпеки.

Електричні мережі та обладнання, які використовуються в промисловості повинні відповідати чинним документам: «Електричні правила установки", "Правил технічної експлуатації електроустановок" і "правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

Несправності в електрообладнанні, які можуть викликати іскріння, коротке замикання, повторний надмірний нагрів горючої ізоляції кабелів і проводів повинні бути відремонтовані негайно черговим персоналом. Дефектні мережі повинені бути відключені, щоб це не призвели до пожежі. Аварійні світильники повинні бути підключені до незалежного джерела живлення.

Вогнегасники – технічні пристрої, призначені для гасіння пожеж в початковій стадії їх виникнення. Вогнегасники класифікуються по типу вогнегасної речовини, що використовується, обсяг тіла і способу подачі вогнегасної речовини

Види вогнегасних речовин:

– пінні;
– газові;
– порошкові;
– комбіновані.

За розміром корпусу:

– ручні малолітражні з розміром корпусу до 5 л;
– промислові ручні з розміром корпусу від 5 до 10 л;
– стаціонарні та пересувні з розміром корпусу вище 10 л.

За методикою подачі вогнегасної речовини:

– під тиском газів, що виникають в результаті хімічної реакції компонентів заряду;
– під тиском газів, що подаються із спеціального балончика, розміщеного в корпусі вогнегасника;
– під тиском газів, поміщених в корпус вогнегасника;
– під особистим тиском вогнегасної способи.

По зовнішності пускових приладів:

– з вентильним затвором;
– з запірно-пусковим пристроєм пістолетного типу;
– з запуском від постійного джерела тиску.

Ця класифікація не вичерпує всіх показників великої групи вогнегасників. Постійне вдосконалення конструкції, підвищення таких показників як надійність, технологічність, уніфікація тощо веде до створення нових і більш досконалих вогнегасників. Вогнегасники маркуються буквами, що характеризують вид вогнегасника, і цифрами, що позначають його місткість.

ТЕЦ є одним з основних забруднювачів атмосфери твердими частинками золи, оксидами сірки азоту, іншими речовинами, впливаючи на здоров'я людей, а також вуглекислим газом, що сприяє виникненню «парникового ефекту». Процес накопичення вуглекислого газу в атмосфері буде підсилювати небажану тенденцію у бік підвищення середньорічної температури на планеті.

Основними джерелами забруднення повітря аерозолю антропогенного також ТЕЦ, які споживають вугілля високої зольності. Аерозольні частинки дуже різноманітні хімічний склад. Найчастіше вони включають знайдені сполуки кремнію, кальцію і вуглецю, – оксиди металів, заліза, магнію, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, сурми, вісмуту, селену, миш'як, берилій, кадмій, хром, кобальт, молібден , а також азбест.

Фотохімічний туман – являє собою багатокомпонентну суміш газів і аерозольних частинок первинного та вторинного походження. Склад основних компонентів смогу входить озон, оксиди азоту та сірки, численні органічні сполуки. Фотохімічний змог виникає в результаті фотохімічних реакцій за певних умов: наявність високих концентрацій оксидів азоту, вуглеводнів та інших забруднювачів, а також інтенсивної сонячної радіації й відсутність вітру або дуже низьким обміном повітря в поверхневому шарі.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена проектуванню холодильної установки для складу охолодження. Було проведено аналіз літературних джерел з теми дослідження, проаналізовано теплообмінні апарати для охолодження, нагрівання, випаровування та конденсації рідини, пара та їх сумішей. Зазначено, що штучних холод застосовується практично в усіх галузях промисловості, особливо в енергетичній та харчовій промисловостях, сільському господарстві. У даний час важко уявити харчову сферу (молочну, м'ясної, рибну), а також торгівлю без застосування холодильної техніки. За допомогою холоду здійснюється не лише кондиціонування повітря у виробничих й побутових приміщеннях, а й охолоджуються складські приміщення, камери для зберігання овочів та фруктів тощо.

Акцентовано увагу на тому, що на сучасних підприємствах харчової промисловості, що застосовує холод, широко використовуються теплообмінні апарати. Існує велика різноманітність теплообмінників, які розрізняються за способом передачі тепла, а також за конструктивними ознаками. З розвитком холодильної техніки і нарощуванням обсягу виробництва актуальним є у процесі проектування приділяти достатньо уваги теплообмінним апаратам, які є вагомим складником ефективного функціювання холодильного устаткування.

Здійснено аналітичних огляд теплообмінних апаратів, які застосовуються в холодильних машинах. Проведено розрахунок і підбір основного та допоміжного обладнання холодильної установки охолоджуваного складу; обґрунтовано вибір системи охолодження, температури в охолоджуваних приміщеннях, планування холодильника, компресорного цеху та допоміжних приміщень.

Для відводу теплоти конденсації обрані випарні конденсатори, що значно скорочують експлуатаційні витрати, як прилади охолодження підібрані повітроохолоджувачі, що забезпечують більш рівномірний розподіл температури повітря в камері охолоджуємого складу.

Обґрунтовано, що у схемі холодильної установки водоохолоджувальний пристрій – градирня необхідна для охолодження води, яка подається на маслоохолоджувачі гвинтових компресорів. Описані заходи, пов'язані з обслуговуванням теплообмінних апаратів холодильної установки.

У розділі «Охорона праці» здійснено комплексний аналіз потенційно небезпек та шкідливих виробничих чинників у компресорному цеху. Запропоновано загальнотехнічні, спеціальні та організаційні заходи щодо створення безпечних умов праці, описані протипожежні заходи, що вживаються для безпеки компресорного цеху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Холодильні установки: підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; За ред. І.Г. Чумака. Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.

2. Вітенько Т.М. Методичний посібник Для практичних занять з курсу «Холодильна техніка». Тернопіль : Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, 2016. 112 с.

3. Сайт ТДАУ ім. Дмитра Моторного [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.tsatu.edu.ua › ophv › uploads › sites.

4. Мнацаканов Г. К. Основи проектування холодильників. Одеса: Інститут низькотемпературної техніки ОДАХ, 2004. 71 с.

5. Гуртовенко Ю.О. Проектування холодильників. Біла Церква: Технолого-економічний коледж Білоцерківського національного аграрного університету, 2010. 124 с.

6. Крылов Ю.С., Пирог П.И., Вясютович В.В. Проектирование холодильников. М.: Пиш. пром. 2001. 274 с.

7. Пирог П.И. Теплоизоляция холодильников. М.: Пищ. пром., 2002. 226с.

8. Проектирование холодильных сооружений: справочник / под общ. ред. А.В. Быкова. М.: Пищ. Пром., 1978. 351 с.

9. Брайдерт Г.Й. Проектирование холодильных установок. Расчеты, параметры, примеры. М.: Техносфера, 2006. 336 с.

10. Хмельнюк М.Г., Кочетов М.Г., Форсюк А.В. Проектування холодильників для зберігання плодоовочевої продукції. Херсон.: ФОП Грінь Д.С., 2015. 162 с.

11. Комарова Н.А. Холодильные установки. Основы проектирования: учебное пособие. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности: Кемерово, 2012. 368 с.

12. Курылев Е.С. Холодильные установки. СПб.: Политехника, 2004. 576с.

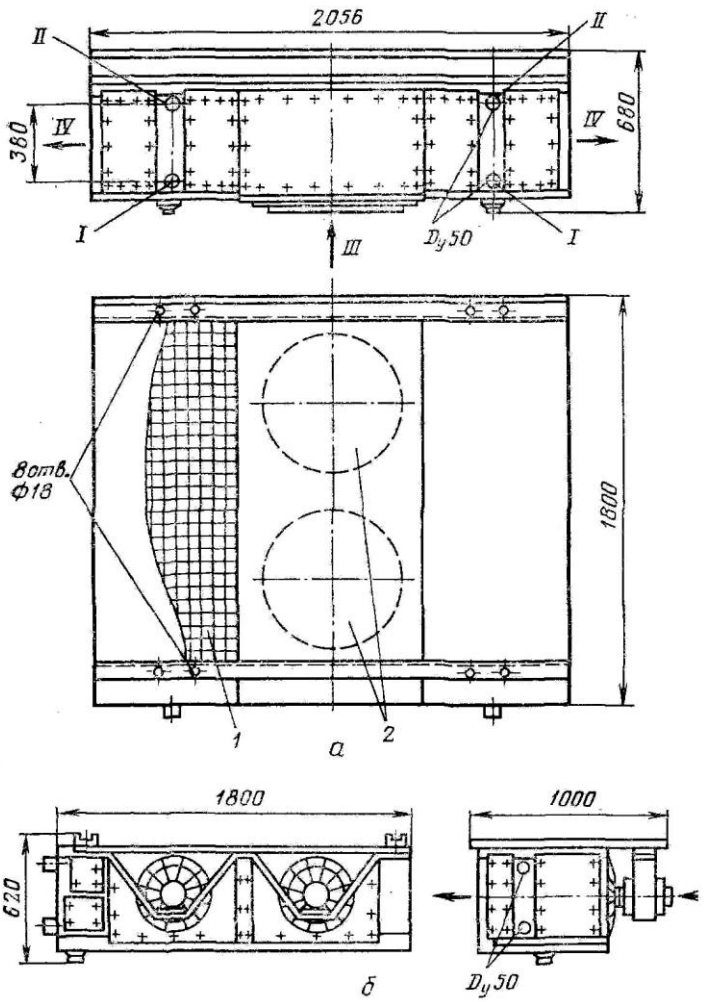
13. Теплообменные аппараты, приборы автоматизации и испытания холодильных машин. Справочник / Под. ред. А.В.Быкова. М.: Легкая и пищевая пром., 2000. 248 с.

14. Эксплуатация холодильников. Справочник. / Под. ред. А.В. Быкова. М.: Пищ. пром., 1990. 207 с.

15. Интернет-сайт www. Grasso-global.com.

Додаток А

Повітроохолоджувач типу ВОП

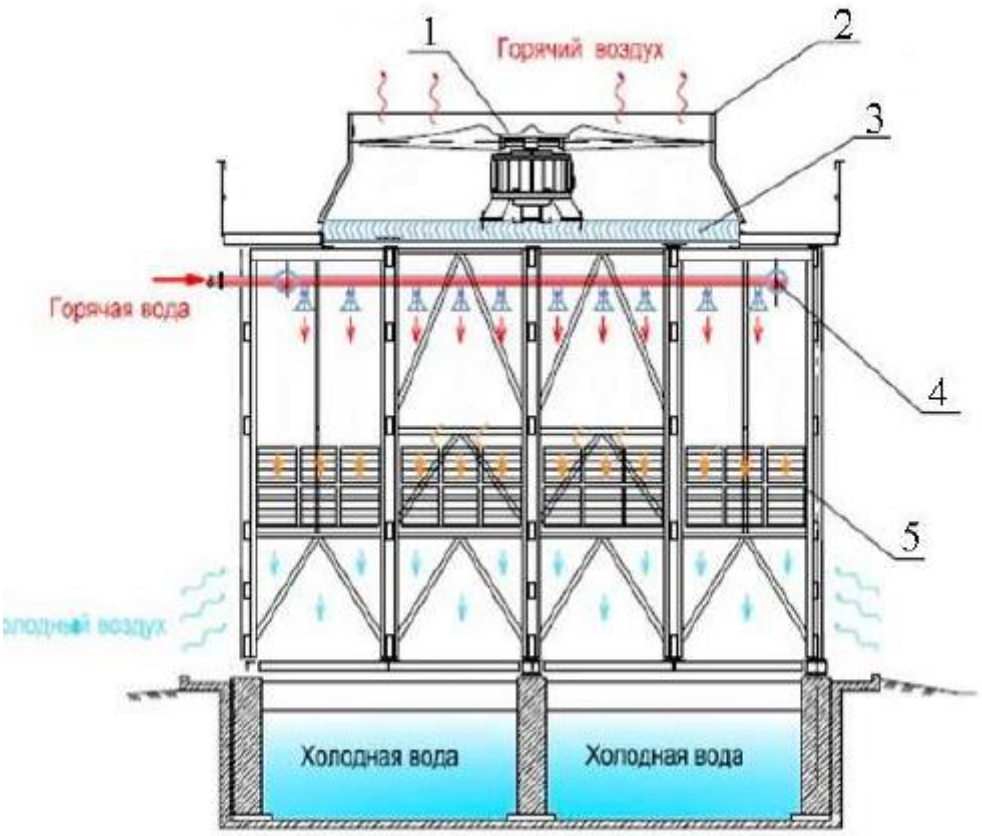


I - вхід рідкого аміаку,
II – вихід пари аміаку
III – вхід повітря
IV – вихід повітря
1 – ребристий пучок труб повітроохолоджувача
2 – вентилятори

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток А** Схема повітроохолоджувача	*Літ.*	*Арк.* 1 / *Аркушів* 52
Перевір.		*Красновський*					
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
Н. Контр.		*Омельченко*					
Затверд.		*Омельченко*					

Додаток Б

Принципова схема вентиляційної градирні з витяжною тягою

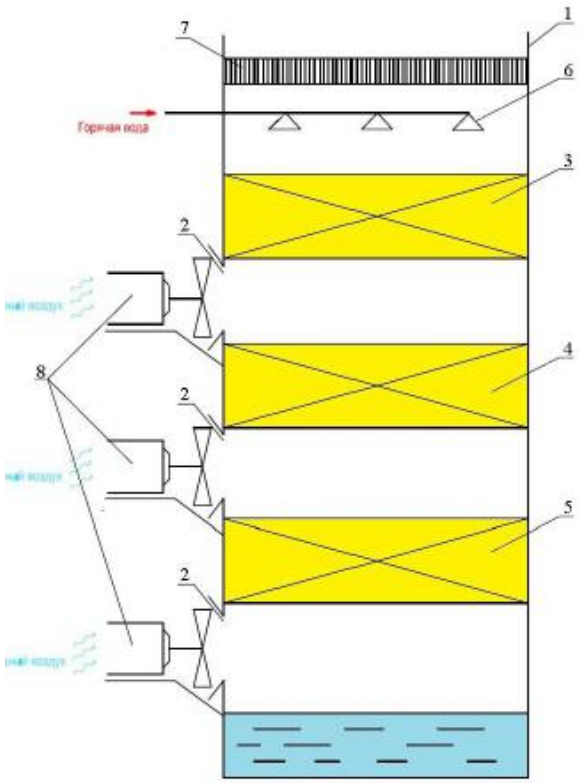


1 – робоче колесо вентилятора; 2 – корпус вентилятора (дифузор); 3 – водоуловлювач; 4 – система водорозподілення; 5 – зрошувач

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток В** Принципова схема вентиляційної градирні з витяжною тягою	*Літ.*	*Арк.* / *Аркушів*
Перевір.		*Красновський*					1 / 52
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
Н. Контр.		*Омельченко*					
Затверд.		*Омельченко*					

Додаток В

Схема вентиляторної градирні з проміжною подачею повітря

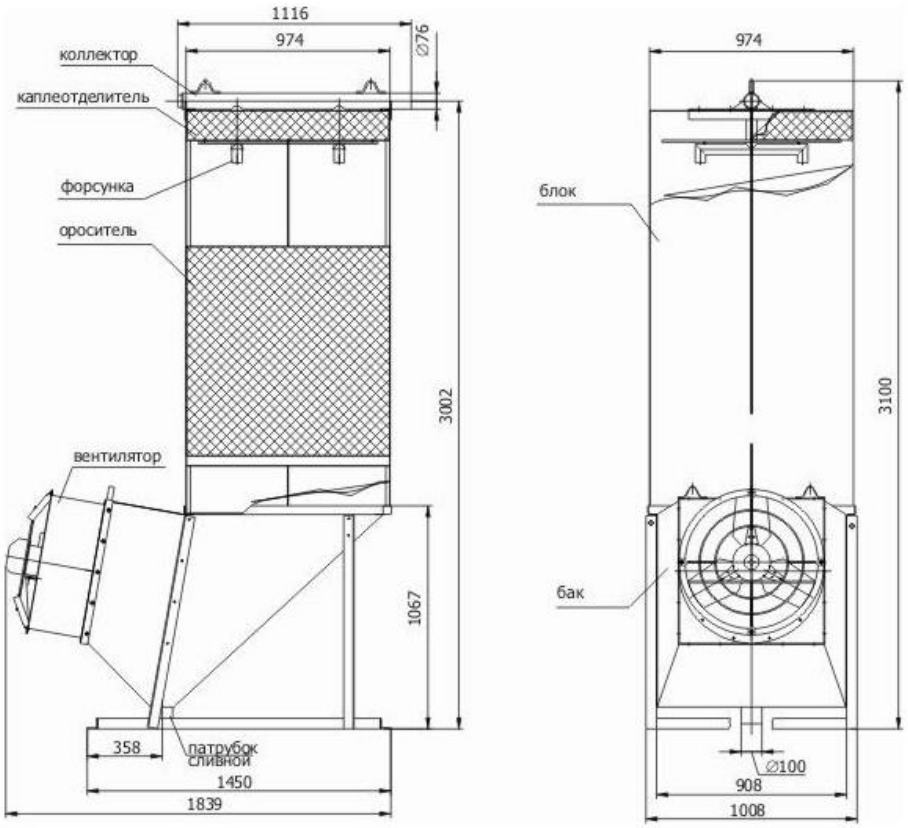


1 – корпус; 2 – повітрявхідні вікна; 3,4,5 – ступені зрошувального пристрою; 6 – водорозподільна система; 7 – каплевідбійники; 8 – осьові нагнітальні вентилятори

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток В** Схема вентиляторної градирні з проміжною подачею повітря	*Літ.*	*Арк.* 1 / *Аркушів* 52
Перевір.		*Красновський*					
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
Н. Контр.		*Омельченко*					
Затверд.		*Омельченко*					

Додаток Г

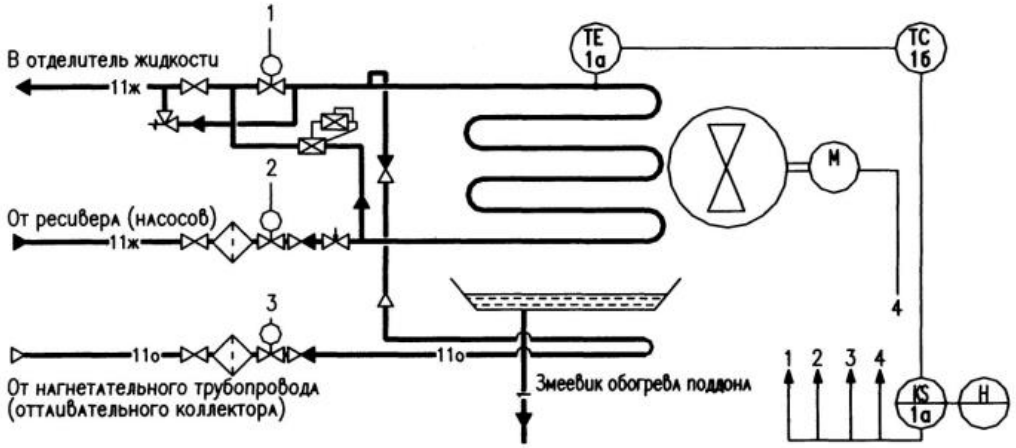
Схема градирні марки ГРАД-24



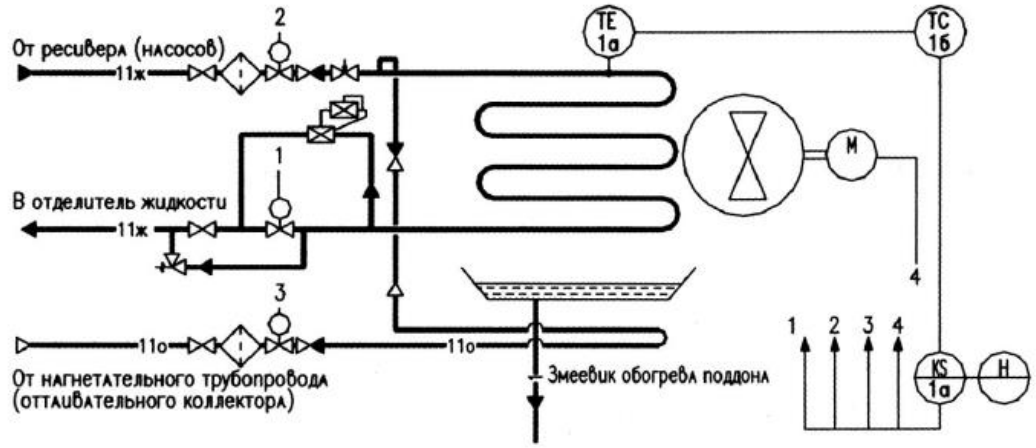
					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*		
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток Г** Схема градирні марки ГРАД-24	*Літ.* / *Арк.* 1 / *Аркушів* 52
Перевір.		*Красновський*				
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО
Н. Контр.		*Омельченко*				
Затверд.		*Омельченко*				

Додаток Д

Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача з нижньою насосною подачею

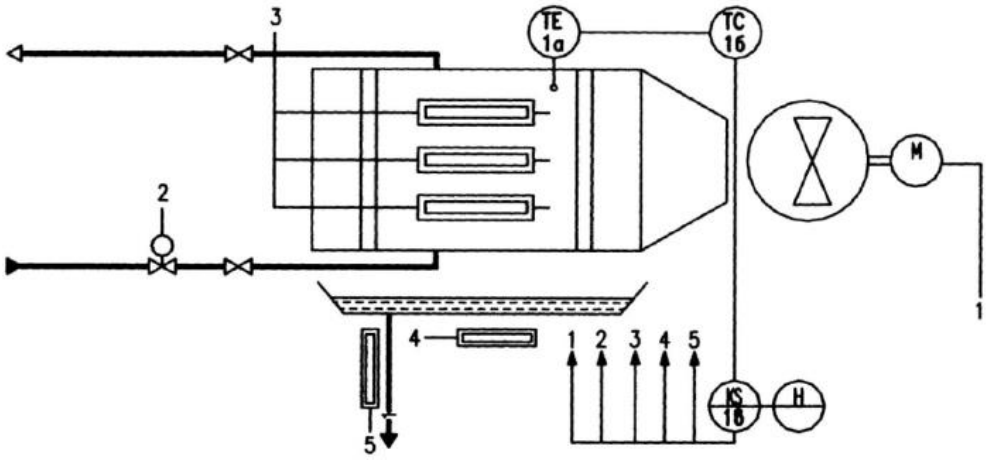


Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача з верхньою насосною подачею

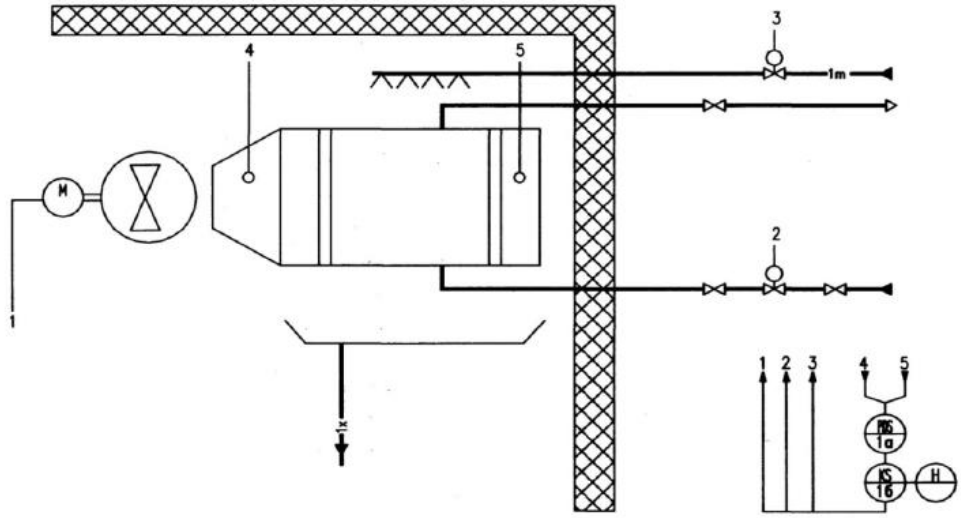


					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*		
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток Д** Функціональні схеми автоматичного відтаювання повітроохолоджувача	*Літ.* / *Арк.* 2 / *Аркушів* 52
Перевір.		*Красновський*				
Н. Контр.		*Омельченко*				**ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО**
Затверд.		*Омельченко*				

Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача електричними тенами (електровідтаювання)



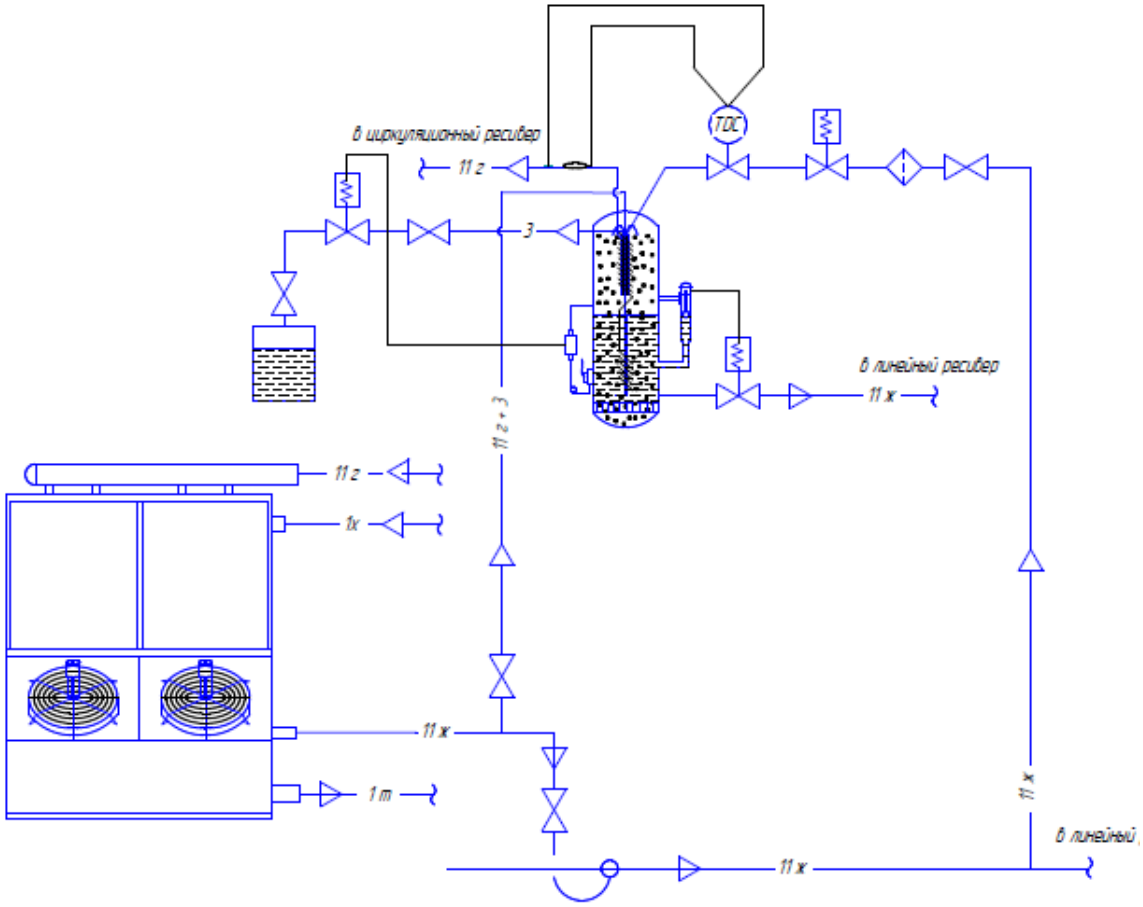
Функціональна схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача водою



					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток Д** Функціональні схеми автоматичного відтаювання повітроохолоджувача	*Літ.*	*Арк.* 2 / *Аркушів* 52
Перевір.		*Красновський*					
Н. Контр.		*Омельченко*				**ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО**	
Затверд.		*Омельченко*					

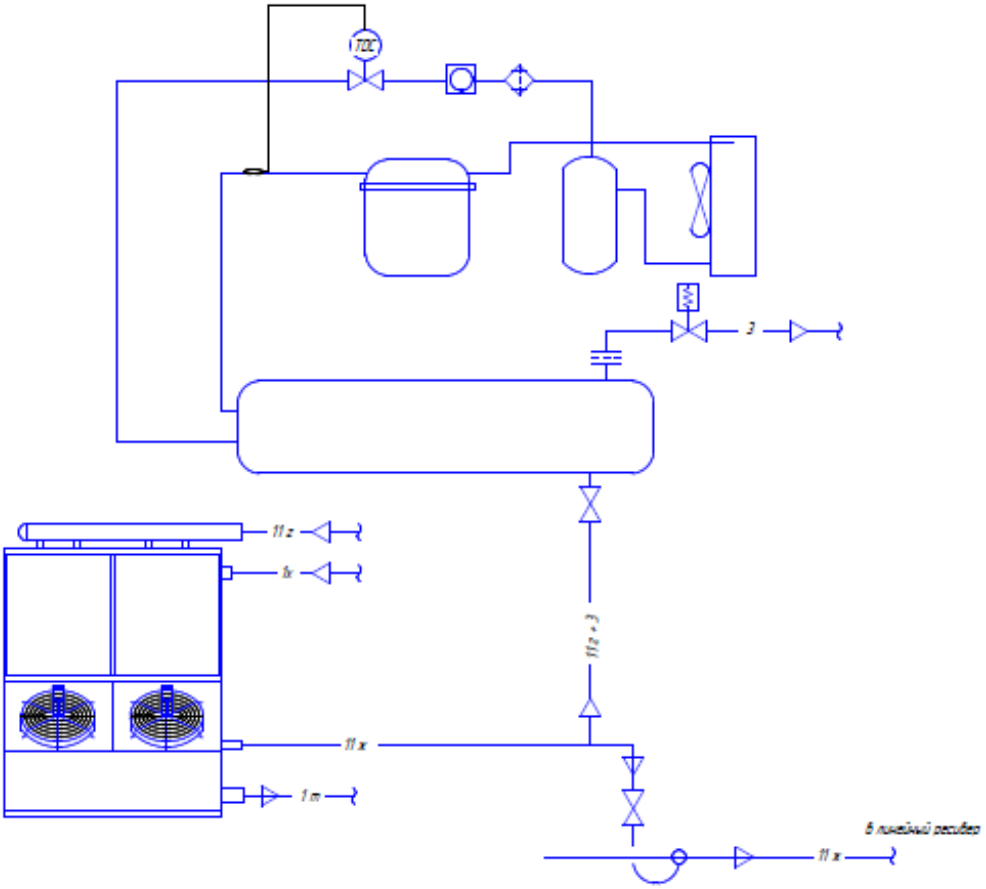
Додаток Е

Схема підключення повітроохолоджувача періодичної дії
GP 2 Gas/Air Purger



					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Білоненко			Додаток Е Схема підключення повітроохолоджувача	Літ.	Арк. 2 / Аркушів 52
Перевір.		Красновський					
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
Затверд.		Омельченко					

Схема підключення повітроохолоджувача Grasso Purger



					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	
Зм.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*		
Розроб.		*Білоненко*			**Додаток Е** Схема підключення повітроохолоджувача	*Літ.* / *Арк.* 2 / *Аркушів* 52
Перевір.		*Красновський*				
Н. Контр.		*Омельченко*				**ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО**
Затверд.		*Омельченко*				