



С. С. Мелейчук, В. М. Арсеньєв

**МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОБСЛУГОВУВАННЯ
ХОЛОДИЛЬНИХ І ТЕНЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК**



С. С. Мелейчук., В. М. Арсеньєв

**Монтаж, експлуатація, обслуговування
холодильних і теплонасосних установок**

Навчальний посібник

**РЕКОМЕНДОВАНО МІНІСТЕРСТВОМ ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ**

Суми
Сумський державний університет
2011

УДК 62.714 (075)

ББК 31.392 я73

М48

Рецензенти:

В. І. Мілованов – д-р. техн. наук, проф.

Одеської державної академії холоду;

О.Р. Якуба – д-р. техн. наук, проф.

Сумського національного аграрного університету;

А. В. Форсюк – канд. техн. наук, доц.

Національного університету харчових технологій

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Енергетичне машинобудування»
(лист №1/11-6227 від 15.07.2011р.)

Мелейчук С.С.

М48 Монтаж, експлуатація, обслуговування холодильних і теплонасосних установок: навчальний посібник/ С. С. Мелейчук, В. М. Арсеньєв.-Суми: Сумський державний університет, 2011.-183 с.
ISBN 978-966-657-392-9

Навчальний посібник розрахований на підготовку спеціалістів зі спеціальності «Холодильні машини і установки».

У навчальному посібнику розглянуто питання монтажу основного і допоміжного обладнання холодильного і теплонасосного устаткування. Приділено увагу нусконалагоджувальним роботам. Детально розглянуто основні процедури з експлуатації холодильних і теплонасосних установок, а також основні заходи планово-переджувального технічного обслуговування.

Окремим розділом розглядаються питання основних положень технічного обслуговування та ремонту холодильних і теплонасосних установок, а також техніки безпеки та охорони праці.

Для студентів енергетичних спеціальностей вищих навчальних закладів, інженерно-технічних працівників та широкого кола читачів.

УДК 62.714 (075)

ББК 31.392 я73

© Мелейчук С. С.,

Арсеньєв В. М., 2011

ISBN 978-966-657-392-9

© Сумський державний
університет

ЗМІСТ

С.

ВСТУП	10
Розділ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРАВИЛ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИХ ТА ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК	12
1.1 Основи експлуатації холодильних і теплонасосних установок	12
1.2 Вимоги з техніки безпеки й охорони праці	13
1.3 Контрольні запитання	17
Розділ 2 МОНТАЖ ОСНОВНОГО Й ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ	18
2.1 Організація монтажних робіт	18
2.2 Проектно-технічна документація	23
2.3 Виготовлення фундаментів для устаткування	26
2.4 Монтаж компресора й електродвигуна	34
2.5 Монтаж теплообмінних апаратів і охолоджувальних пристроїв	43
2.5.1 Монтаж горизонтальних циліндричних апаратів	44
2.5.2 Монтаж вертикальних циліндричних апаратів ..	46
2.5.3 Монтаж плоскозмійовикових і колекторних батарей	49
2.5.4 Монтаж апаратів із секціями та змійовиками на піддоні або баці	52
2.5.5 Монтаж пристроїв для охолодження оборотної води	54
2.6 Монтаж допоміжного обладнання	57
2.6.1 Монтаж насосів	57
2.6.2 Монтаж масловіддільників та маслозбирачів	59
2.6.3 Монтаж регулюючої станції	60
2.6.4 Монтаж фільтрів	61
2.7 Монтаж теплової ізоляції	64

2.8 Контрольні запитання.....	68
Розділ 3 ПУСКОНАЛАГОДЖУВАЛЬНІ РОБОТИ.....	70
3.1 Випробування холодильної установки на міцність і щільність.....	70
3.2 Заправлення системи холодильним агентом і маслом.....	74
3.2.1 Заправлення системи робочою речовиною HFC-та HCFC-типу.....	75
3.2.2 Заправлення системи аміаком.....	77
3.2.3 Заправлення системи маслом.....	82
3.3 Обкатування компресора.....	83
3.3.1 Обкатування компресора без клапанів.....	84
3.3.2 Обкатування компресора з клапанами.....	86
3.4 Контрольні запитання.....	86
Розділ 4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	87
4.1 Експлуатація і робочі режими поршневих холодильних компресорів.....	87
4.1.1 Типи поршневих холодильних компресорів.....	87
4.1.2 Пуск і зупинення холодильних машин із поршневим компресором.....	91
4.1.3 Способи регулювання холодильних машин із поршневим компресором.....	92
4.2 Експлуатація і робочі режими холодильних агрегатів із гвинтовим компресором.....	96
4.2.1 Принцип дії гвинтового компресора.....	96
4.2.2 Пуск і зупинення холодильного агрегату з гвинтовим компресором.....	98
4.2.3 Експлуатація й регулювання холодопродуктивності холодильного агрегату з гвинтовим компресором.....	99
4.3 Експлуатація й робочі режими холодильних агрегатів зі спіральним компресором.....	102
4.3.1 Принцип дії спірального компресора.....	102

4.3.2	Пуск і зупинення спірального компресора.....	106
4.3.3	Регулювання холодопродуктивності.....	107
4.4	Підтримання оптимальних режимів роботи холодильної установки.....	110
4.5	Основні контрольно-вимірювальні прилади й автоматика.....	113
4.6	Контрольні запитання.....	127
Розділ 5 ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ТА		
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК		
БЛОЧНО-КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПУ.....		
5.1	Повітряно-водяна теплонасосна установка.....	128
5.1.1	Тепловий насос для внутрішнього встановлення.....	128
5.1.2	Тепловий насос для зовнішнього встановлення.....	134
5.2	Розсільно-водяна теплонасосна установка.....	136
5.3	Водо-водяна теплонасосна установка.....	139
5.4	Основні заходи з планово-попереджувального технічного огляду.....	142
5.5	Контрольні запитання.....	144
Розділ 6 ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ		
ХОЛОДИЛЬНИХ І ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК		
6.1	Основні положення технічного обслуговування....	145
6.1.1	Випускання мастила з апаратів.....	147
6.1.2	Випускання неконденсованих газів із системи	148
6.1.3	Перевірка системи на герметичність.....	154
6.1.4	Відтаювання теплообмінного обладнання.....	155
6.2	Основні неполадки при роботі установок.....	158
6.3	Основні несправності механізмів та деталей.....	160
6.4	Основні положення ремонту.....	162
6.4.1	Поняття про зношування.....	162
6.4.2	Види ремонту.....	166
6.4.3	Технічне діагностування устаткування.....	169
6.5	Контрольні запитання.....	171

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	173
ДОДАТОК А (за ДСТУ EN 1861:2005) [33].....	176
(довідковий) Позначення на принципових схемах запірно-регулюючої апаратури та засобів автоматизації.....	176
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	183

ВСТУП

Важливою умовою виконання основних функцій підприємством є правильна технічна експлуатація обладнання, що обумовлюється оптимальним режимом роботи устаткування. Правильна технічна експлуатація обладнання є обов'язковою умовою більш тривалого використання обладнання, його безаварійної роботи, безпечної роботи обслуговуючого персоналу, зменшення собівартості продукції, що випускається, або зменшення собівартості одиниці холоду чи тепла, що виробляється.

В умовах ринкових відносин важливим є питання використання сучасного, з точки зору технічного оснащення, обладнання чи устаткування. Таким чином пріоритетним напрямком є правильний вибір холодильного чи теплонасосного обладнання, особливості його монтажу і раціональної експлуатації.

Навчальний посібник розрахований на підготовку спеціалістів зі спеціальності «Холодильні машини і установки».

У навчальному посібнику розглянуто питання використання основного та допоміжного обладнання холодильного і теплонасосного устаткування. Детально розглянуто питання монтажу основного та допоміжного обладнання, такого як компресор і електродвигун, теплообмінних та охолоджуючих пристроїв, теплової ізоляції та інше. Виділено основні напрямки організації монтажних робіт з використанням проектно-технічної документації. Приділено особливу увагу пусконаладжувальним роботам із детальним розглядом питань випробування установок на міцність і щільність, заправлення системи холодильним агентом і маслом, а також обкатуванню компресорів.

Безпечна та економічна робота холодильних і теплонасосних установок залежить від режиму їх роботи, особливостей пуску та способів регулювання продуктивності. Серед компресорних агрегатів холодильних і теплонасосних установок виділяють як розповсюджені поршневі та гвинтові компресори, так і сучасні спіральні.

Окремим розділом розглядаються питання основних положень технічного обслуговування холодильних і теплонасосних установок, що впливають на ефективність роботи енергетичного комплексу в цілому. Акцентовано увагу на основних несправностях механізмів та деталей і основних положеннях ремонту.

Розділ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРАВИЛ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИХ ТА ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

1.1 Основи експлуатації холодильних і теплонасосних установок

Завдання експлуатації холодильних установок полягає у створенні й підтримці нормативних температурно-вологісних режимів у охолоджуваних чи опалюваних приміщеннях або в забезпеченні заданих технологічних процесів виробництва при мінімальних витратах на виробництво холоду або тепла та за умови безпечної й надійної роботи устаткування.

Обслуговування холодильної чи теплонасосної установки в процесі експлуатації охоплює такі операції:

- пуск;
- зупинення;
- регулювання режиму роботи;
- виконання допоміжних робіт;
- усунення несправностей у роботі;
- проведення поточного ремонту.

У процесі експлуатації необхідно забезпечити надійність і довговічність роботи холодильного та теплонасосного устаткування в економічних режимах, обумовлених оптимальним режимом роботи, та забезпечити безпеку роботи обслуговуючого персоналу.

Обслуговуючий персонал повинен мати відповідну кваліфікацію, добре знати устаткування й правила його експлуатації.

Роботу установки організовує адміністрація в особі начальника компресорного цеху, його заступників і змінних механіків (майстрів), що зобов'язана, зокрема: укомплектувати штат обслуговуючого й ремонтного

персоналу цеху машиністами, слюсарями з ремонту устаткування, слюсарями контрольно-вимірювальних приладів і автоматики, навчити й періодично перевіряти знання персоналу з устрою й безпечної експлуатації холодильної та теплонасосної установки; забезпечувати підтримування установок у справному стані й безпечних умовах роботи шляхом періодичної перевірки технічного стану устаткування, трубопроводів, арматури, контрольно-вимірювальних приладів і системи автоматичного захисту.

1.2 Вимоги з техніки безпеки й охорони праці

Приміщення машинного і апаратного відділень можуть бути розташовані в окремій будівлі або вбудовані в будівлю холодильника і відокремлені капітальною стіною без віконних і дверних отворів [15, 28].

Машинне відділення повинне розташовуватися на першому поверсі. Над і під машинним відділенням не дозволяється розташовувати приміщення з постійними робочими місцями і побутові приміщення. Необхідна наявність двох взаємовіддалених виходів, один із яких обов'язково повинен безпосередньо виходити назовні. Допускається влаштування одного виходу для машинного відділення площею не більше 40 м² за умови розміщення холодильного устаткування з протилежного до виходу боку. З приміщення апаратного відділення, крім виходу в машинне відділення, необхідно обов'язково мати вихід назовні.

На вхідних дверях вивіщується табличка «Компресорний цех. Стороннім вхід заборонено». Двері цеху повинні відкриватися назовні. Для виклику машиніста встановлюється дзвінок.

Поза приміщенням біля виходів із компресорного цеху на стіні вмонтовують кнопки аварійного відмикання

всього устаткування машинного відділення. Одночасно із зупиненням компресорів, насосів і вентиляторів вмикається аварійна вентиляція від окремого джерела струму.

У холодильних камерах із температурою нижче 0 °С повинна бути організована система світлової і звукової сигналізації «Людина в камері». Вона встановлюється біля дверей камери на висоті не більше 50 см від підлоги і виводиться в компресорний цех на пульт управління або сигнальний щит.

Підлога компресорного цеху не повинна бути нижче від рівня прилеглої території. Підлоги робляться рівними, неслизькими, з матеріалу, що не згорає.

Центральний пульт управління влаштовується за наявності централізованого управління, регулювання і сигналізації. Розміщується у відособленому приміщенні поряд із компресорним цехом або всередині нього.

Стіл машиніста встановлюється в центральному пульті управління або безпосередньо в приміщенні компресорного цеху на ділянці, зручній для спостереження за показаннями контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики і сигналізації, роботою устаткування.

У машинних відділеннях на видному місці повинні бути вивішені:

- схеми трубопроводів холодоагента з запірною арматурою й приладами автоматики;
- інструкції з пристрою й безпечної експлуатації холодильних установок;
- інструкції з обслуговування машин та апаратів;
- інструкції з обслуговування контрольно-вимірювальних приладів й автоматики;
- інструкції з дій персоналу при виникненні аварійної ситуації;
- інструкція з пожежної безпеки;

- інструкція з охорони праці.
- На робочому місці розташовуються:
 - добовий і ремонтний журнали;
 - телефон;
 - правила пристрою і безпечної експлуатації;
 - номери телефонів і адреса організації, що обслуговують установку;
 - інструкції з експлуатації устаткування.

Добовий журнал є основним обліковим документом, у якому обслуговуючий персонал фіксує режим роботи установки з періодичністю 2-4 години і параметри навколишнього середовища, час вмикання й вимикання устаткування із зазначенням причин, напрацювання устаткування, витрату електроенергії, води, масла та інше. На підставі записів, що фіксуються в добовому журналі, після закінчення розглянутого проміжку часу, наприклад, місяця, визначають кількісні характеристики використання установки, наприклад, кількості відведеної теплоти (або виробленого холоду), спожитої електроенергії, витраченої води, масла й інших матеріалів.

Використовуючи ці характеристики аналізують роботу установки в цілому.

Особлива увага приділяється технічному стану апаратів як об'єктів підвищеної небезпеки. Так, наказом адміністрації, серед інженерно-технічних працівників призначають відповідальних за справний стан і безпечну роботу апаратів, а також з нагляду за експлуатацією апаратів.

Відповідальний за справний стан і безпечну роботу апаратів зобов'язаний зберігати паспорта (формуляри) на апарати, вести облік напрацювань апаратів, щодня перевіряти стан і режим роботи апаратів, розробляти інструкції для обслуговуючого персоналу, навчати персонал і періодично перевіряти його знання,

забезпечувати справний і безпечний стан роботи апаратів, готувати й проводити технічний огляд апаратів.

Особи, допущені до технічного обслуговування, крім загальнотеоретичних знань і вимог Правил безпечної експлуатації установок, повинні знати:

- будову, правила обслуговування й принцип роботи установки, включаючи систему трубопроводів;
- порядок виконання робіт із пуску, зупинення установки і її елементів, регулювання режиму роботи;
- нормальний режим роботи холодильної установки;
- правила заповнення системи холодильним агентом, маслом або холодоносієм;
- порядок ведення експлуатаційного журналу установки;
- правила користування засобами індивідуального захисту;
- правила охорони праці.

Вентиляція машинного і апаратного відділень аміачних холодильних установок повинна бути припливно-витяжною, примусовою з подальшою кратністю повітрообміну за 1 год: приплив – за розрахунком, але не менше 2; витікання – за розрахунком, але не менше 3; аварійне витікання – не менше 8 (без урахування продуктивності постійно діючої витяжної вентиляції). Вентиляція повинна мати пускові пристрої як усередині цих приміщень, так і зовні.

Припливні та витяжні воздуховоди рекомендується розміщувати на протилежних стінах машинного залу. У приміщеннях хладонових установок припливна і витяжна (вона ж аварійна) вентиляція повинна бути примусова з кратністю не менше, ніж 3.

Освітлення машинних відділень буває як природним, так і штучним.

Рівень шуму в компресорному цеху не повинен перевищувати допустимих норм, при яких протягом тривалого часу не виникає зниження гостроти слуху. Також необхідна розбірлива мова на відстані 1,5 м від того, хто говорить. Для зменшення шуму ЦПУ захищається звукоізоляцією і застосовуються звукозахисні кожухи устаткування. Як індивідуальні засоби захисту машиністів застосовують вушні тампони, навушники і каски.

Вібрація робочого устаткування не повинна збігатися за частотою з частотою власних коливань тіла людини і його внутрішніх органів (4 – 400 Гц). Для зменшення вібрації насоси і вентилятори встановлюють на пружні опори і віброізолюючі фундаменти; патрубки приєднують до трубопроводів і повітряних каналів за допомогою гнучких вставок; околова швидкість вентиляторів повинна бути обмежена; фундаменти під компресори і компресорні агрегати виконують такими, що окремо стоять від фундаментів стін будівлі і колон; своєчасно проводять ремонт підшипників і усувають биття валів устаткування.

1.3 Контрольні запитання

1 Назвіть вимоги з техніки безпеки для машинного відділення.

2 Назвіть вимоги до системи світлової і звукової сигналізації.

3 Яка інформація повинна бути вивішена в машинних відділеннях?

4 Призначення добового журналу.

6 Вимоги до вентиляції машинного і апаратного відділення холодильних установок.

7 Вимоги до рівня шуму в компресорному цеху.

8 Вимоги до вібрації робочого устаткування.

Розділ 2 МОНТАЖ ОСНОВНОГО Й ДОНОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ

2.1 Організація монтажних робіт

Виробництво монтажних робіт може бути здійснене такими способами:

- господарським;
- підрядним;
- субпідрядним.

При *господарському* способі, монтажні роботи виконуються безпосередньо підприємством, на якому монтується устаткування. Підприємство забезпечує проведення всіх монтажних робіт робочою силою й всіма необхідними матеріалами. При господарському способі вартість монтажних робіт, як правило, підвищується й строк їх подовжується. Тому цей спосіб застосовується при невеликих обсягах монтажних робіт (зазвичай на діючому підприємстві).

При *підрядному* способі монтажні роботи веде спеціальна монтажна організація, названа підрядником (генпідрядником). Цей спосіб є основним і забезпечує виконання всіх робіт висококваліфікованими фахівцями з використанням необхідних механізмів і спеціалізованого транспорту.

При *субпідрядному* способі генпідрядник частину монтажних робіт передає іншій спеціалізованій монтажній організації. Організація, що веде цю частину робіт, називається субпідрядником.

Під час монтажу холодильника в роботах беруть участь кілька організацій різного профілю, кожна з яких виконує роботи, що відповідають її профілю, а саме [9]:

- провідна будівельна;
- монтажна;

- електромонтажна;
- спеціалізована, що виконує теплоізоляцію, монтаж контрольно-вимірювальних приладів й засобів автоматизації тощо.

Провідна будівельна організація, що є генеральною підрядною організацією, містить підрядний договір із замовником (дирекцією споруджуваного об'єкта) на виконання всіх будівельно-монтажних робіт з об'єкта будівництва й монтажу. Всі інші організації, що беруть участь у будівництві й монтажі об'єкта, містять субпідрядний договір на виконання робіт з генеральною підрядною організацією.

Генеральна підрядна організація несе відповідальність перед замовником за своєчасне і якісне виконання всіх робіт з об'єкта, у тому числі й монтажних.

У процесі будівництва й монтажу генеральна підрядна організація сприяє організації виконання будівельно-монтажних робіт великоблочними або потоковими методами; координує діяльність всіх організацій, що беруть участь у роботах; намічає організацію попереднього централізованого виготовлення деталей трубопроводів і складання їхніх вузлів у заготівельних цехах; вивчає умови оснащення монтажної площадки, бере участь в організації робочих місць монтажних бригад.

Монтажна організація складається з таких відділів:

- планового;
- виробничо-технічного;
- виробничо-монтажного.

Виробничо-технічний відділ монтажної організації складається з трьох основних груп:

- технологічної групи;
- групи проектувальників і кошторисників;
- комплектувальної групи.

Технологічна група монтажно́ї організації комплектує всю технічну й проектно-кошторисну документацію й бере участь в узгодженні проекту провадження робіт із генеральною підрядною організацією і субпідрядними організаціями, а також у розгляді й узгодженні графіків розміщення бригад будівельників, монтажників і спеціалізованих підприємств на робочих місцях при виконанні ними робіт сполученим і великоблочним методами.

Технологи монтажно́ї ділянки беруть участь в організації передмонтажно́ї ревізії устаткування, організують монтажну ділянку, оснащують її вантажопідіймальними механізмами й пристосуваннями, постачають електроенергією, стисненим повітрям і водою; обладнують робочі місця слюсарно- і електрозбиральними верстатами й стендами, а також стелажми для приймання й зберігання трубних заготовок; обладнують робочі місця ручними, важільними лебідками, деталями, тросами, механізованим електро- і пневмоінструментом, а також будівельними інвентарними риштуваннями; забезпечують безпечну роботу бригад на робочих місцях відповідно до вимог техніки безпеки; виконують заходи пожежної безпеки на об'єкті монтажу; організують місця відпочинку й кімнати приймання їжі та обладнують тимчасові й постійні санітарні вузли.

Група проектувальників і кошторисників монтажно́ї організації вивчає проектно-кошторисну документацію, отриману від замовника або генерального підрядника.

Фахівці цієї групи монтажно́ї організації беруть участь в узгодженні проекту провадження робіт об'єктів великої продуктивності; розробляють технологічні записки об'єктів малої продуктивності, технологічні карти на монтаж устаткування, беруть участь у складанні креслень

на виготовлення деталей й елементів трубопроводів, металоконструкцій й ін.

Комплектувальна група фахівців здійснює комплектацію об'єкта устаткуванням заводської поставки, а також нестандартизованим устаткуванням і запірно-регулюючою арматурою, трубами, металопрокатом, ущільнювальними матеріалами й монтажними заготовками й ін.

Для проведення монтажу швидкісними методами, насамперед необхідна своєчасна підготовка монтажних робіт і правильна організація їхнього ведення.

До початку монтажних робіт необхідно провести такі заходи:

- скласти загальний графік ведення монтажних робіт й окремі графіки для бригад і ланок на монтаж кожного окремого об'єкта;

- укомплектувати бригади й спеціалізовані ланки, розподілити їх по окремих об'єктах робіт;

- підготувати й обладнати приміщення для майстерень, складів й інших служб;

- ознайомити робітників з наміченими видами робіт і провести інструктаж з питань техніки безпеки.

Значною мірою скорочують строки виконання монтажних робіт і впровадження у виробництво такі заходи:

- вивчення й впровадження нових прийомів роботи монтажників;

- впровадження механізації при ручних такелажних роботах;

- паралельне й одночасне ведення різних робіт та операцій згідно погоджених графіків;

- проведення робіт у дві й три зміни (безперервний монтаж);

– використання експлуатаційних робітників для монтажу.

Найбільше поширення в холодильній промисловості одержали методи організації виробництва монтажних робіт: Поточно-сполучений метод, послідовний метод, комплектно-блоковий метод, великоблочний метод, поточно-вузловий метод, безпідкладочний метод.

Поточно-сполучений метод. Цей метод виробництва є найбільш прогресивним й економічним, вимагає найбільш ретельної інженерно-економічної підготовки, сприяє скороченню нормативних строків тривалості будівництва (реконструкції) об'єктів. Роботи виконуються суворо за розробленим та погодженим з усіма будівельно-монтажними організаціями й замовником графіків.

Спочатку споруджують фундаменти й площадки під технологічне устаткування, монтують колони й інші конструкції. Потім установлюють у проектне положення устаткування, опорні й обслуговуючі металоконструкції й після цього обгороджують стінові конструкції. Цим методом, як правило, монтують важке устаткування.

Недоліком цього методу є додаткові витрати на захист змонтованого устаткування від ушкоджень у процесі загальнобудівельних й опоряджувальних робіт.

Послідовний метод. Даний метод застосовують при монтажі устаткування, що за технічними умовами може бути встановлено тільки в побудованих будинках і приміщеннях, а також при незначному обсязі монтажних робіт (технічному переозброєнні підприємства).

Комплектно-блоковий метод. Монтаж устаткування й трубопроводів цим методом сполучений з максимальним переносом робіт з монтажної площадки в умовах промислового виробництва (підприємства-постачальники або виробничі бази монтажних організацій). У результаті цього забезпечується поставка на будівництва агрегованого

устаткування у вигляді комплектів блокових пристроїв, що включають опорні й обслуговуючі конструкції, об'язувальні технологічні трубопроводи, елементи електричних та автоматизованих систем у межах групи машин.

Великоблочний метод. При цьому методі устаткування поставляється заводами-виробниками у вигляді транспортабельних комплектних блоків. В окремих випадках на монтажній площадці попередньо проводять укрупнювальне складання. Монтаж здійснюється шляхом встановлення окремих укрупнених блоків.

Поточно-вузловий метод. Цим методом здійснюють монтаж устаткування, що надходить із низьким ступенем заводської готовності.

Основним принципом методу є безперервне й рівномірне в часі провадження робіт, що забезпечується такими організаційно-технічними заходами: поділ технологічного процесу монтажу на складові процеси й операції; створення виробничого ритму; поділ праці між виконавцями; сполучення процесів укрупнювального складання й монтажу в просторі й часі.

Безпідкладочний метод. Монтаж устаткування цим методом здійснюється без застосування підкладок шляхом встановлення віджимних регулювальних пристроїв, вмонтованих у підстави машин, інвентарних регулювальних підкладок і спеціального пристосування, установочних гайок спеціальної конструкції.

2.2 Проектно-технічна документація

Успішний хід будівництва й якісне виконання монтажних робіт значною мірою залежать від своєчасної підготовки технічної й проектно-кошторисної документації, від прийнятих проектних рішень і від оформлення технічної документації.

Технічна документація – це комплекс документів, необхідних для монтажу й здачі в експлуатацію холодильних і теплонасосних установок.

За призначенням проектно-технічна документація поділяється на:

- первинну;
- проміжну;
- виконавчу.

Первинна документація

Монтажна організація отримує проектно-кошторисну документацію, що складається з:

- робочого проекту з пояснювальною запискою;
- кошторисно-фінансових розрахунків монтажних робіт;
- монтажних креслень поверхових планів, поздовжніх і поперечних розрізів цеху, а також місцевих перетинів для повного уявлення про місце розміщення прокладок і положенні кожної лінії трубопроводу в просторі;
- креслення з зазначенням розміщення устаткування;
- схеми прокладки трубопроводів по машинному відділенню з зазначенням їхніх основних параметрів.

При великоблочному методі монтажу з централізованими заготовками елементів і вузлів трубопроводів на схемах трубопроводів із розбиванням на ділянки показують окремі лінії з позначенням їх порядковими номерами.

У кресленнях технологічних схем наводять специфікації на устаткування, трубопроводи й арматуру.

Проміжна документація

Це документація, що організовує виконання робіт й регламентує якість і відповідність робіт проекту технічним

умовам, а також допущеним відступам від проекту, погодженим із проектними організаціями.

До проміжної документації відносять:

- проект організації будівництва;
- проект провадження робіт.

У процесі виконання монтажних робіт проект провадження робіт є основною документацією для виконання всіх монтажних робіт, що характеризує правильність планування, обліку й контролю виконуваних будівельно-монтажних робіт.

Проекти провадження робіт для монтажних робіт виконують проектні організації за участю проектувальника монтажних підприємств.

Проект провадження робіт передбачає:

- вибір найефективнішого методу монтажу холодильних установок;
- основні транспортно-піднімальні засоби для переміщення й установки устаткування, матеріалів і заготівель;
- схеми транспортно-піднімальних операцій.
- обсяги монтажних і спеціальних робіт.

Виконавча документація

До цієї документації відносять акти на приховані і неприховані роботи, а також протоколи спостереження за зміною будь-яких процесів в установці (наприклад, за зміною тиску повітря у системі за 24 години випробування).

Акти виконують на такі приховані роботи, як закладення фундаменту тощо.

Акти на неприховані роботи підтверджують виконання робіт і відповідність їх проекту. До них відносять, наприклад, акти приймання-здачі установки в

експлуатацію, які підписують члени приймальної комісії.

2.3 Виготовлення фундаментів для устаткування

Опори – це поверхні, що мають достатню міцність, які можуть сприймати навантаження від розташованого на них устаткування. Опорами можуть бути: підлоги, перекриття, колони, фундаменти, кронштейни та ін. [17, 18].

Фундаменти – це спеціальні будівельні спорудження, призначені для міцного й надійного закріплення на них устаткування на місцях, передбачених проектом. Фундаменти, крім статичних навантажень від устаткування, сприймають ще й динамічні зусилля, що виникають під час роботи устаткування.

Фундаменти машин, що сприймають динамічні навантаження, можуть бути:

- монолітними;
- збірно-монолітними;
- віброізоляційними.

Їх виготовляють із бетону або залізобетону (у машин із великою масою й підвищеною динамічністю).

Монолітні й збірні фундаменти

Під час монтажу холодильних машин застосовують фундаменти монолітні або збірні. Фундаменти розміщують на ґрунті, що запобігає осадженню фундаменту й забезпечує стійке положення розташованого на фундаменті устаткування.

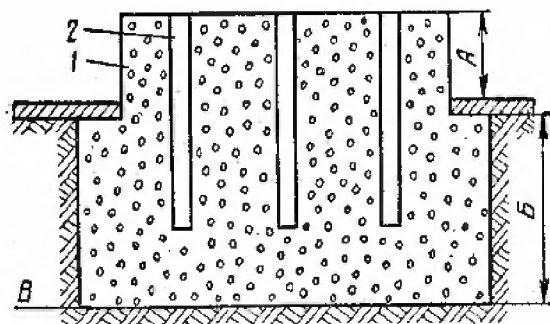


Рисунок 2.1 – Фундамент під обладнання:
1 – бетон фундаменту; 2 – колодязі

Фундамент (рисунок 2.1) складається з верхньої частини *A*, що виступає над підлогою з горизонтальною площиною, на якій розміщується устаткування, і нижньої частини *B*, що спирається на ґрунт.

Нижня площа фундаменту *B* називається підшвою фундаменту, а шар ґрунту, на який спирається підшва, – основою. Надійна основа запобігає осадженню фундаменту й забезпечує стійке положення устаткування на фундаменті.

Висота підземної частини фундаменту називається глибиною закладення. Величина його залежить від характеристики ґрунту, рівня ґрунтових вод, глибини промерзання ґрунту.

Для устаткування, розташованого в опалюваних приміщеннях, мінімальну глибину закладення фундаменту беруть такою, що дорівнює 50% і для неопалюваних – 70% глибини промерзання зовнішнього ґрунту.

Для зниження глибини закладення фундаменту машини й тиснення на ґрунт рекомендується зменшувати висоту фундаменту за рахунок збільшення площі його підшви. Фундаменти, що споруджують поза

приміщеннями, на вологих ґрунтах, що зазнають випинання, повинні мати глибину закладення на 200–300 мм нижче глибини промерзання. На ґрунтах, що не зазнають випинання (галька, пісок), глибина закладення не залежить від промерзання ґрунту. Висота частини фундаменту, що виступає визначається умовами, що забезпечують нормальну роботу устаткування й зручність його обслуговування під час експлуатації й у процесі виконання ремонтних робіт.

Віброізоляційні фундаменти

Даний тип фундаментів (рисунок 2.2) застосовують під час монтажу холодильних агрегатів малої й середньої продуктивності в приміщеннях з більшою кількістю залізобетонних будівельних конструкцій, щоб уникнути підвищеного шуму в машинному відділенні.

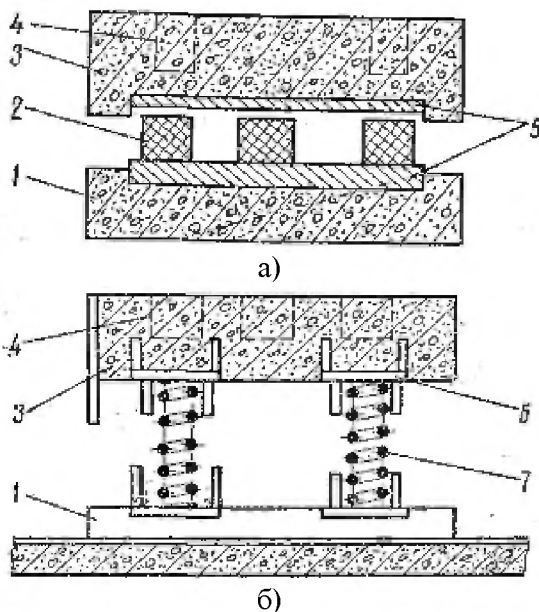


Рисунок 2.2 – Віброізоляційний фундамент на гумових (а) та пружинних (б) амортизаторах:

1,3 – залізобетонні плити; 2 – гумові смугові пластини; 4 – колодязі для болтів; 5 – дошки; 6 – верхній стакан; 7 – стальна пружина

Віброізоляційні фундаменти складаються з двох залізобетонних плит із віброізоляційним шаром між ними: пружинним або гумовим. Верхня плита призначається для закріплення на ній установлюваного устаткування за допомогою деталей, що закладають при виготовленні плити. Нижня плита є основою фундаменту. Цю плиту необхідно передбачати в бетонній підготовці чистої підлоги.

Щоб обмежити зону поширення вібрації на навколишні будівельні конструкції, фундаменти з динамічним швидкооборотним устаткуванням відокремлюють від наземних і підземних конструкцій будинку шляхом прибудовування екранованих траншей шириною 200-250 мм по всьому периметру фундаменту, заповнених сухим піском або шлаками.

Розрахунок фундаментів

Найбільш простим є статичний розрахунок фундаментів. Розрахунком визначають тиск, що створюється подошвою фундаменту на основу, і порівнюють його з нормативним $[R]$. У розрахунку приблизно враховують ступінь динамічності машин за допомогою коефіцієнта пропорційності a :

$$P = \frac{G_M + G_\delta}{a \cdot F} \leq [R], \quad (2.1)$$

де P – дійсний тиск на ґрунт, кПа;

G_M, G_δ – вага машини і фундаменту, кН;

F – площа фундаменту, м²;

$[R]$ = 1500 – допустимий тиск на ґрунт, кПа.

При розміщенні обладнання на перекритті статичний розрахунок полягає у визначенні питомого навантаження на перекриття:

$$P' = \frac{G_M + G_{ID}}{aF'} \leq 6-7, \quad (2.2)$$

де P' – питома навантаження на перекриття, кПа;

G_{ID} – вага майданчика перекриття та фундаменту, кН;

F' – площа підшви майданчика, м².

Фундаменти виготовляють з бетону. В окремих випадках дозволяється виготовляти цегляні фундаменти для машин холодопродуктивністю до 60 кВт за умови розташування кладки вище рівня ґрунтових вод.

Для закріплення компресорів середньої продуктивності, насосів й апаратів на фундаментах застосовують *фундаментні й анкерні болти*.

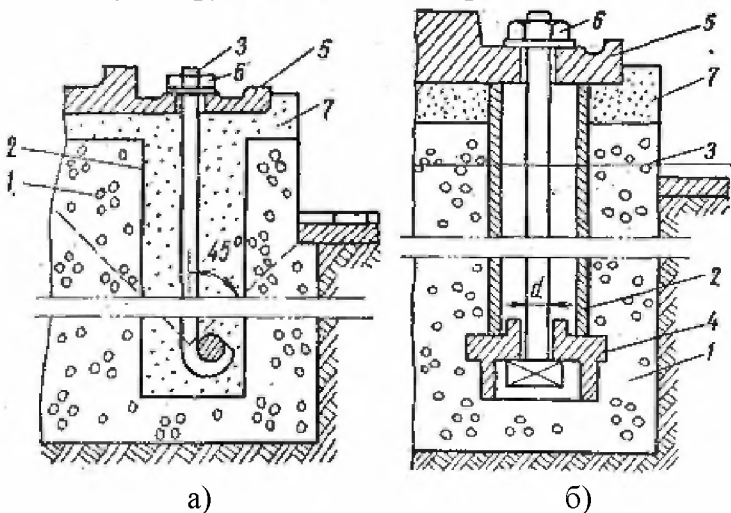


Рисунок 2.3 – Засоби кріплення обладнання до фундаменту:

*1 – фундамент; 2 – колодязь; 3 – болт; 4 – анкерна плита;
5 – рама компресора; 6 – гайка фундаментного болта; 7 –
підливка бетону; 8 – дерев'яна пробка*

Фундаментний болт (рисунок 2.3а) – сталевий стрижень, нижня закладна частина якого закріплюється в бетоні фундаменту. Для кращого зчеплення болта з бетоном закладну частину болта роблять зігнутою.

Анкерні болти (рисунок 2.3-б) використовують для кріплення компресорних агрегатів або компресорів великої продуктивності. На фундаментах вони закріплюються за допомогою закладних деталей – анкерних плит, що зашпаровують у бетон фундаменту в процесі його виготовлення. У верхній частині стрижня болта є нарізна частина з гайкою. Анкерні болти більш зручні при експлуатації й монтажі.

Анкерні болти не зашпаровують у бетон, а з'єднують їхню закладну частину з анкерною плитою шляхом повороту Т-подібної головки болта нижче щілинного отвору анкерної плити.

При затягуванні гайки у фундаментних й анкерних болтах рама притискається до фундаменту з силою, що дорівнює вазі устаткування, і додатково - з силою, що дорівнює натягу болтів. Між поверхнею фундаменту й рамою створюються значні сили тертя, що перевищують зусилля зрушення. У цьому випадку болти на фундаменті будуть працювати на розтягування.

При цьому площа перетину одного болта визначається за формулою

$$F = \frac{1,35P}{[\sigma]}, \quad (2.3)$$

де P – сила, що діє на болт, Н;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтягування матеріалу болта, кПа;
1,35 – коефіцієнт, що враховує попереднє затягнення болта.

Якщо сила навантаження болтів невідома, то глибину анкерних болтів слід орієнтовно брати такою, що дорівнює 15 діаметрам болта (для болтів з анкерною шайбою) і 20 діаметрам (для болтів із нормальним закладенням без шайб).

Перед розміщенням устаткування на фундаменті необхідно зробити розмічальні роботи. Розмічальні роботи полягають у розміщенні устаткування й комунікацій у горизонтальній і вертикальній площинах у строгій відповідності до проекту установки.

При розмічанні в горизонтальній площині визначають положення контурів або осей устаткування, осей фундаментних болтів й інших засобів кріплення щодо монтажних осей або будівельних елементів приміщення.

При монтажу компресорів найкращим є таке їхнє розміщення, коли вони встановлені в один або два ряди, а передня частина компресорів виходить у бік центрального (основного) проходу, що має мінімальну ширину 1,5 м. Прохід між виступаючими частинами компресора повинен бути не менше 1,0 м. При встановленні устаткування в приміщенні з внутрішніми колонами відстань від колон до виступаючих частин устаткування допускається 0,7 м - за наявності інших проходів нормальної величини.

Для визначення місця розташування фундаментів робиться розмітка на підлозі цеху або провішуються струни на висоті 2-2,2 м (рисунок 2.4), що імітують головні осі устаткування.

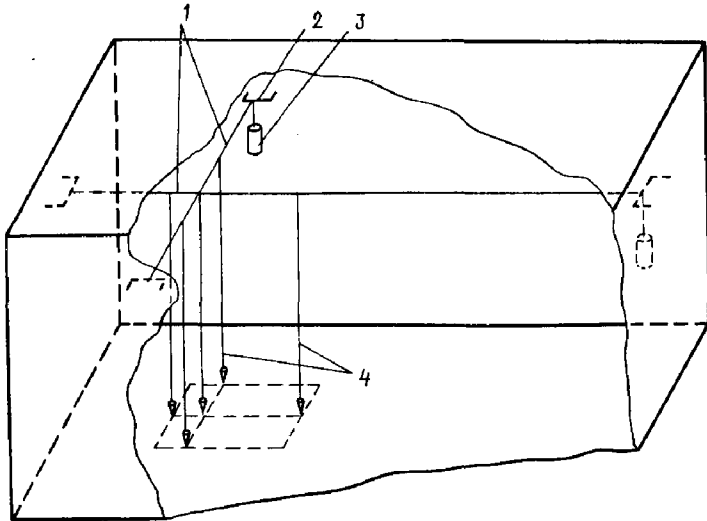


Рисунок 2.4 – Схема провішування струн для розмічування фундаменту компресора:

1 – струни; 2 – скоба; 3 – вантаж; 4 – виски

Скоби для провішування струн зі сталевого дроту діаметром 0,5-0,6 мм вбивають у стіни відповідно до проекту. Від місця перетинання струн відміряють розміри фундаменту; за спущеними з цих точок висками фіксують контур фундаменту на ґрунті.

Розміри фундаменту в плані повинні бути вибрані так, щоб відстань від осей фундаментних болтів до зовнішніх граней фундаменту не перевищувала 120-200 мм. Головні осі фундаменту безкрейцкопфного компресору проходять: одна – по осі колінчастого вала, інша – між циліндрами компресора. В апаратах головні осі фундаментів відповідають їхнім геометричним осям симетрії.

2.4 Монтаж компресора й електродвигуна

Після підготовки фундаментів до розміщення на них устаткування розпочинають установаження устаткування на фундаменти відповідно до розмірних прив'язок і висотних оцінок проекту за так званими *установочними базами* [17, 18].

Установочні бази поділяють на:

- опорні;
- перевірні.

Опорними базами називають поверхні рам, станин і деталей, які є опорами для встановлення устаткування й деталей.

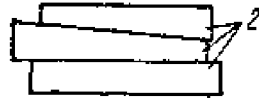
Перевірними базами називають поверхні устаткування, які використовуються для його вивірення. У компресорах такими базами можуть бути спеціально підготовлені майданчики для установаження слюсарних або монтажних рівнів із пристосуваннями. Для вивірення сполучення деталей машин використовують оброблені торцеві поверхні циліндрів, маховиків, шківів, сполучних муфт, а також ущільнювальні площини фланців.

Вивірення устаткування на горизонтальність

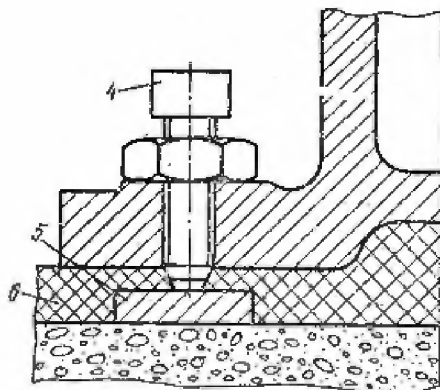
При вивіренні устаткування кожного виду варто користуватися одними і тими ж базами. При встановленні устаткування перевіряють правильність його розміщення за сталевими пластинами, забитими у бетон фундаменту з ризками, які відповідають їх поздовжнім і поперечним осям, а за реперними точками фундаментів уточнюють висотні оцінки встановлюваного устаткування.



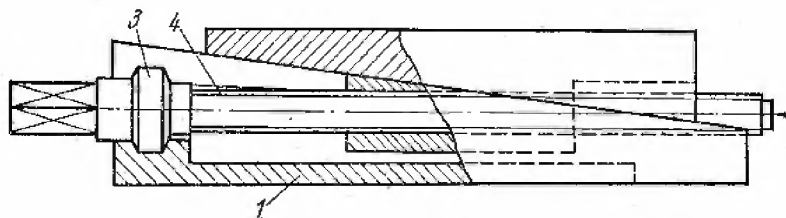
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.5 – Пристрій для вивірення обладнання:
а – пакет металевих плоских підкладок; *б* – пакет клинових підкладок; *в* – рама з регулювальним гвинтом; *г* – регулювальний клиновий пристрій;
1 – плоскі підкладки; *2* – клинові підкладки; *3* – втулка нарізна; *4* – гвинт регулювальний; *5* – підкладка під гвинт; *6* – бетонна підливка на фундаменті

Металеві підкладки можуть бути плоскими (рисунок 2.5 *а*) і клиновими (рисунок 2.5 *б*). Клинові підкладки використовують для більш точного регулювання положення рами. Пакети плоских підкладок набирають із 3-4 сталевих пластин довжиною 180 мм, шириною 80-70 мм і товщиною 10-15 мм, з добре обробленими поверхнями.

Клинові підкладки (у кількості 2-3) виготовляють зі сталі або чавуну розміром 160x50 мм, з поверхнями, обробленими з ухилом 1:10 або 1:20.

У місцях розміщення підкладок вирівнюють поверхню бетону, зрубують виступні місця бетону, притирають підкладки до бетону до повного з'єднання з бетоном і розташовують всі підкладки на фундаменті в єдиній горизонтальній площині.

Негоризонтальність підкладок допускається в межах 0,5-1 мм на 1000 мм довжини при перевірці їхнього розташування рівнем за допомогою контрольної монтажної лінійки, що укладається на підкладках у різних напрямках. У пакетах підкладок не допускають більше чотирьох пластин.

На окремі плоскі підкладки кладуть клинові регулювальні підкладки й регулюють висоту пакета, пересуваючи клинові підкладки відносно плоских, ударяючи по клинах молотком.

Для більш швидкого й точного регулювання встановлюваного устаткування застосовують нарізний регулювальний пристрій (рисунок 2.5 в).

Клиновий пристрій (рисунок 2.5 г) складається з верхньої й нижньої коритоподібної клинної сталеві або чавунної пластин із гвинтом і нарізною втулкою. При регулюванні машин клинові пристрої розміщують під рамою встановлюваного устаткування.

Вивірення горизонтальності установки здійснюється за допомогою рівня з ціною розподілу 0,1 м на 1 м довжини. Рівень укладають у двох взаємно перпендикулярних напрямках на перевірні бази устаткування: торцеві площини циліндрів, маховики, шківів, ущільнювальні площини фланцевих з'єднань та ін.

Величини допуску на негоризонтальність розташовуваних машин різного типу (у мм на 1000 мм довжини рами) наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – величина допуску на негоризонтальність

Тип обладнання	Уздовж осі вала	Упоперек осі вала
Вертикальні та U-подібні компресори	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3
Горизонтальні компресори	0,1	0,2
Насоси та вентилятори	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4

Вивірення устаткування на вертикальність

Устаткування вивіряють одночасно на вертикальність і горизонтальність. Устаткування великої висоти й малої площі (наприклад, вертикальні ресивери) або розташовані високо відносно підлоги вивіряють на вертикальність окремо.

Вертикальність установлюваного устаткування перевіряють за допомогою виска, що провішується у вертикальній площині устаткування. Виміряють відстані між струною та поверхнею у верхній та нижній точках. При вертикальному встановленні устаткування відстань у верхній і нижній точках повинна бути однаковою. Вертикальність установлюваного устаткування регулюють також за допомогою підкладок і клинів.

Перевірка рівномірності завантаження підкладок

При вивіренні устаткування обов'язково перевіряють рівномірність завантаження всіх металевих підкладок під рамою, користуючись щупом та індикатором годинникового типу. Щуп 0,04 мм не повинен проходити

між підкладкою й рамою машини. При затягнутих фундаментних болтах підкладки не повинні переміщатися при легкому ударі молотка по торцевих зовнішніх кінцях підкладок.

Рама машини, встановлена на підкладках, не повинна вертикально переміщатися при затягуванні й ослабленні фундаментних болтів. Ця перевірка рівномірності завантаження підкладок здійснюється за допомогою індикатора годинникового типу, розташованого на фундаменті устаткування або за показниками рівнів. Нарізну частину фундаментних болтів необхідно захищати від механічних ушкоджень і корозії.

Перевірка взаємного розташування компресора й електродвигуна

Компресори можуть бути з'єднані з електродвигунами ремінною передачею або муфтовим зчепленням.

При муфтовому зчепленні електродвигун повинен бути з'єднаний з компресором так, щоб осі їхніх валів перебували на одній горизонтальній лінії, тобто були співвісними. Неспіввісність валів може бути викликана паралельним зсувом або перекосом їхніх осей. Процес вивіренням співвісності валів називають *центруванням валів*.

Компресори, що з'єднують із електродвигуном муфтою, монтують на загальному фундаменті. Компресор установлюють на бетонній поверхні фундаменту, а електродвигун закріплюють на зварених або балкових каркасах.

Співвісність валів компресора й електродвигуна перевіряють за напівмуфтами. Попередньо до початку центрування перевіряють індикатором биття консольної частини валів, а також правильність посадки напівмуфт

(рис. 2.6). Радіальне биття валів повинне бути не більше 0,01-0,02 мм, а торцеве й радіальне биття напівмуфт - не більше 0,03 - 0,04 мм.

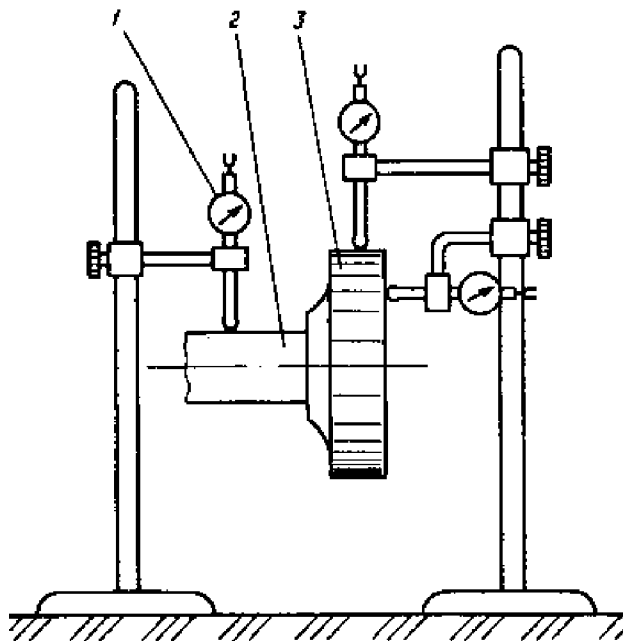


Рисунок 2.6 – Перевірка валів та напівмуфт на биття:
1 – індикатор; 2 – вал; 3 – напівмуфта

Під час монтажу електродвигуна з компресором перевіркою базою є кінець вала компресора, встановленого на фундаменті. Співвісність валів електродвигуна й компресора в горизонтальній площині досягається переміщенням електродвигуна, встановленого на рамі або плиті фундаменту з поздовжніми отворами для кріплення болтів. Співвісність валів у вертикальній площині забезпечують, змінюючи загальну товщину підкладок під опорними площинами електродвигуна.

a – з напівмуфтами; *б* – без напівмуфт; *в* – колова діаграма для запису осьових та радіальних зазорів;

1 – вал компресора; *2* – напівмуфта компресора; *3* – гвинти; *4* – скоба; *5* – напівмуфта електродвигуна; *6* – вал електродвигуна;

*s*₁ – *s*₄ – радіальні зазори; *a*₁ – *a*₄ – осьові зазори

Радіальний зазор *s* та осьовий зазор *a* установлюють вільно, заміряють щупом, а заміри записують в колову діаграму (*s*₁ та *a*₁ на рисунку 2.7(в)). Після цього повертають вали разом із пристроєм на 90°, заміряють та записують заміри *s*₂ та *a*₂, а потім на 180° – *s*₃ та *a*₃ та на 270° – *s*₄ та *a*₄.

При співвідності валів повинна бути така рівність:

$$s_1 = s_2 = s_3 = s_4 \text{ та } a_1 = a_2 = a_3 = a_4.$$

Нерівність радіальних зазорів свідчить про паралельне зміщення валів, нерівність осьових зазорів – про перекис валів.

Різниця радіальних зазорів *s*₁ та *s*₃ характеризує паралельне зміщення валів у вертикальній площині. Для її усунення змінюють товщину підкладок під усіма лапами

електродвигуна на величину $\frac{|s_1 - s_3|}{2}$.

Різниця радіальних зазорів *s*₂ та *s*₄ свідчить про паралельне зміщення валів у горизонтальній площині. Для її усунення переміщують електродвигун у горизонтальній

площині на величину $\frac{|s_2 - s_4|}{2}$ у відповідний бік.

Різниця осьових зазорів *a*₁ та *a*₃ свідчить про перекис валів у вертикальній площині. Його усувають зміною товщини підкладок під передніми або задніми лапами електродвигуна.

Різниця осьових зазорів a_2 та a_4 характеризує перекіс валів у горизонтальній площині. Його усувають поворотом електродвигуна на деякий кут.

При установленні машин із пальцьовими муфтами при частоті обертання машин близько 1000 хв^{-1} беруть допуски на перекіс і неспіввісність валів згідно з таблицею 2.2

Таблиця 2.2 – Допуски на перекіс і неспіввісність валів

Види зміщення	Діаметр муфт, мм	
	до 300	більше 300
Перекіс на 1 м довжини, мм	0,2	0,2
Непаралельність, мм	0,05	0,1

У муфтах еластичних із пружним елементом допуск на радіальне зміщення беруть таким, що дорівнює 0,3 мм, допуск на перекіс – 0,3 мм.

При клиноремінному приводі в процесі установлення електродвигунів перевіряють правильність взаємного розташування шківів електродвигуна й компресора.

При пасовій передачі електродвигун установлюють на полозках, закріплених на фундаменті. Полозки попередньо вивіряють за рівнем на горизонтальність і закріплюють їх відповідно до довжини ременів, що поставляються заводом. На полозках електродвигун розміщують відносно компресора, виходячи з довжини ременів й умови натягу їх під час експлуатації машини. При цьому вісь вала електродвигуна повинна бути горизонтальною й паралельною осі вала компресора. Паралельність осей електродвигуна й компресора перевіряють, прикладаючи монтажну контрольну лінійку

до торцевої площини ободу одного шківa й заміряючи відстані (зазори) від лінійки до двох протилежних точок ободу другого шківa, що знаходяться проти лінійки. Схема перевірки показана на рисунку 2.8. Рівність цих зазорів свідчить про паралельність торців площин шківів, а також про паралельність осей їхніх валів.

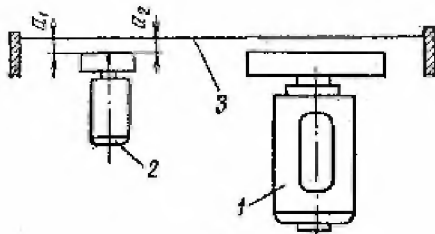


Рисунок 2.8 – Схема перевірки взаємного розташування шківів електродвигуна й компресора.

1 – компресор; 2 – електродвигун; 3 – контрольна лінійка

При зчепленні за допомогою еластичної муфти електродвигун розташовують таким чином, щоб торець напівмуфти електродвигуна знаходився на відстані 155 ± 2 мм від кінця вала компресора. У блок-картерних компресорів із еластичною муфтою це дозволяє розбирати сальник компресора без демонтажу електродвигуна. Потім перевіряють співвісність валів електродвигуна й компресора. Вали центрують, установлюючи тонкі металеві підкладки під опорні поверхні електродвигуна або переміщаючи його в горизонтальній площині.

2.5 Моптаж теплообмінних апаратів і охолоджувальних пристроїв

Апарати й посудини, що встановлюються в приміщенні, можуть розміщуватися в компресорному цеху

або спеціальному приміщенні, якщо воно має окремий вихід назовні. Прохід між гладкою стіною й апаратом повинен бути не менше 0,8 м, але допускається встановлення апаратів біля стін без проходів. Відстань між виступними частинами апаратів повинна бути не менше 1,0 м, а якщо цей прохід є основним - 1,5 м.

При монтажі посудів й апаратів на кронштейнах або консольних балках останні повинні бути забиті в капітальну стіну на глибину не менше 250 мм. Допускається встановлення апаратів на колонах за допомогою хомутів. Забороняється пробивати отвір у колонах для кріплення устаткування. Для монтажу до подальшого обслуговування конденсаторів і циркуляційних ресиверів улаштовуються металеві площадки з огороженням і сходами. При довжині площадки більше 6 м сходів повинно бути двоє. Площадки й сходи повинні мати поручні. Висота поручнів 1 м. Відстань між стійками поручнів не більше 2 м [5, 23].

2.5.1 Монтаж горизонтальних циліндричних апаратів

Горизонтальні циліндричні апарати монтують:

- без опорних лап;
- з опорними лапами;
- без опорних лап із тепловою ізоляцією.

Горизонтальні кожухотрубчасті апарати, що не мають опорних лабетів (рис. 2.9а), монтують на фундаментах, при цьому корпус апарата спирається на дерев'яні бруси шириною не менш 200 мм, покладені на фундаменти.

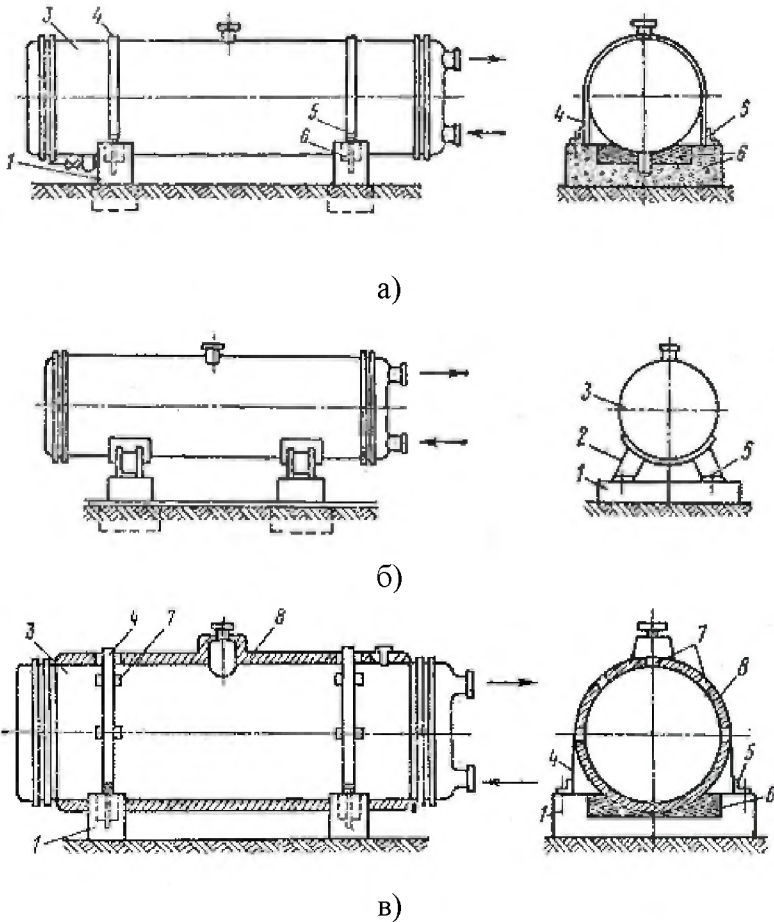


Рисунок 2.9 – Схема монтажу горизонтальних циліндричних апаратів: а) без опорних лап; б) із опорними лапами; в) без опорних лап із тепловою ізоляцією.

1 – фундамент; 2 – опорні лапи; 3 – корпус апарата; 4 – сталевий пояс; 5 – фундаментний болт; 6 – дерев'яний брус; 7 – дерев'яні планки; 8 – теплова ізоляція

На верхній площині брусів передбачена циліндрична виїмка з радіусом, що відповідає радіусу корпусу апарата. Горизонтальність апаратів досягається за

допомогою підкладок, що розташовують під дерев'яні бруси на фундаментах. Після вивірення на горизонтальність на них розміщують сталеві пояси, що мають гумові прокладки в місцях стикання пояса з корпусом апарата. Кінці сталевих поясів кріплять до фундаментних болтів апаратів, а потім на штуцерах і патрубках апаратів монтують запірну арматуру.

Апарати з опорними лапами (рис. 2.9б) встановлюють на пакети підкладок зі сталевих пластин, що укладаються на поверхні бетонних опор поблизу фундаментних болтів. Укладаючи на корпус апаратів рівень, вивіряють апарат на горизонтальність. Негоризонтальність допускається не більше 0,3% і тільки з ухилом до маслозбірника.

Монтаж кожухотрубних випарників і циркуляційних ресиверів має особливості, викликані роботою їх за низьких температур і наявності теплової ізоляції. У випарниках і циркуляційних ресиверах без опорних лап (рис. 2.9в) щоб уникнути теплових містків у місцях розміщення поясів кріплення на поверхнях верхньої частини корпусів, приклеюють у поздовжньому напрямку гарячим бітумом короткі (50-100 мм) дерев'яні підкладки товщиною 150-200 мм (відповідно до шару ізоляції) на відстані одна від одної 250- 300 мм. Поверхні корпусів між дерев'яними підкладками ізолюють. При цьому сталеві пояси опираються на підкладки, не торкаючись холодних стінок апаратів.

2.5.2 Монтаж вертикальних циліндричних апаратів

Вертикальні конденсатори монтують на спеціальних бетонних масивних фундаментах із внутрішньою порожниною для води, що відходить із конденсатора. Схема розташування конденсатора зображена на рисунку

2.10. У верхню площину фундаменту зашпаровують фундаментні болти, призначені для кріплення конденсатора після його установалення [25].

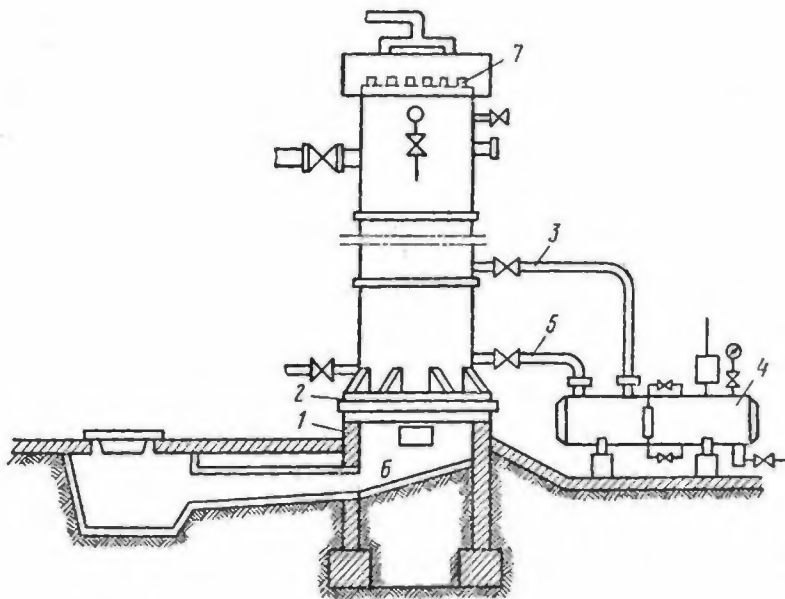


Рисунок 2.10 – Схема монтажу вертикального конденсатора:

1 – фундамент; 2 – опорна частина конденсатора; 3 – вирівняльна труба; 4 – ресивер; 5 – рідинний трубопровід; 6 – порожнина для відхідної води; 7 – водорозподільні пробки

Апарат доставляють до місця піднімання й розміщують його ближче до фундаменту. Перед підніманням конденсатора на його верхніх штуцерах і патрубках закріплюють запірну, запобіжну арматуру й колектор подачі води на конденсатор. Далі апарат піднімають краном, при цьому нижню опорну частину конденсатора підтягують лебідкою у напрямі до

фундаменту. Піднятий апарат розвертають над фундаментом до сполучення отворів опорних конструкцій з фундаментними болтами й опускають на пакети сталевих підкладок фундаменту. Після попереднього розміщення апарата на фундаменті розпочинають його вивірення відповідно до інструкції заводу-постачальника.

Вертикальність корпусу перевіряють за допомогою висків, які розташовують у двох взаємно перпендикулярних площинах. При задовільних результатах перевірки установлення апарата остаточно закріплюють апарат на фундаментних болтах.

Монтаж вертикального циркуляційного ресивера (рис. 2.11) виконується аналогічно.

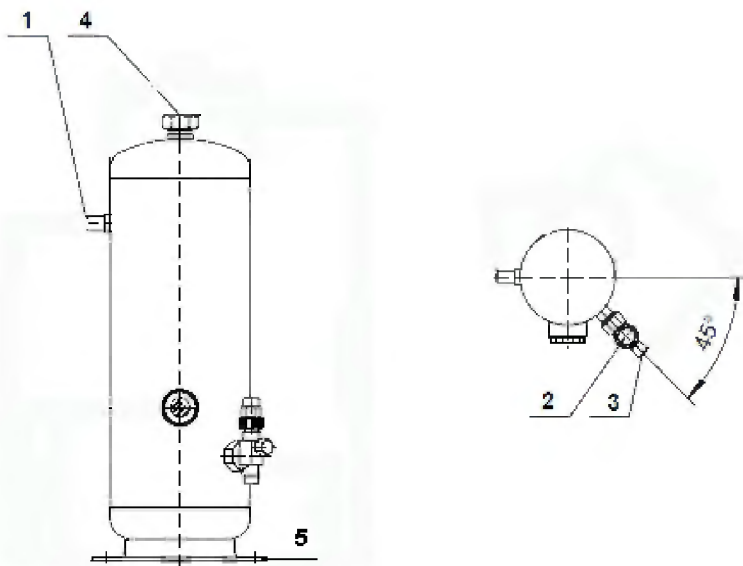


Рисунок 2.11 – Вертикальний циліндричний ресивер
1 – вхід холодоагенту; 2 – вихід холодоагенту; 3 – приєднання манометра; 4 – приєднання перепускного клапана; 5 – опорна плита

Вертикальні циркуляційні ресивери як правило встановлюються на опорну плиту і закріплюються на фундаменті за допомогою фундаментних або анкерних болтів. Трубопроводи припаюють або приварюють до вентилів на ресивері. Аміачні ресивери поставляють без вентилів, з патрубками, оснащеними фланцями, тому до фланця приварюють проставку довжиною не менше, ніж 100 мм, приварюють вентиль та до нього приварюють трубопровід. Рідинні стояки зазвичай поставляють необхідної довжини з заводу-виробника. Ресивер оснащений запобіжними клапанами.

2.5.3 Монтаж плоскозмійовикових і колекторних батарей

До апаратів цієї групи відносять:

- пристінні батареї;
- стельові батареї.

Аміачні й розсільні батареї виготовляють на монтажних підприємствах; фреонові батареї надходять із заводу-виробника в готовому вигляді. Аміачні й розсільні батареї виготовляють у майстернях монтажних підприємств зі сталевих труб, оребрених сталеву навитою стрічкою: аміачні – з безшовних труб діаметром 57x3,5 мм або 38 x 3 мм, а розсільні – з газових діаметром 60x3,5 мм із повздовжнім швом або зі спіральним швом [19].

Для всіх типів батарей оребрені труби розташовують горизонтально при вертикальному розташуванні ребер.

Уніфіковані типи секцій батарей наведені на рисунку 2.12.

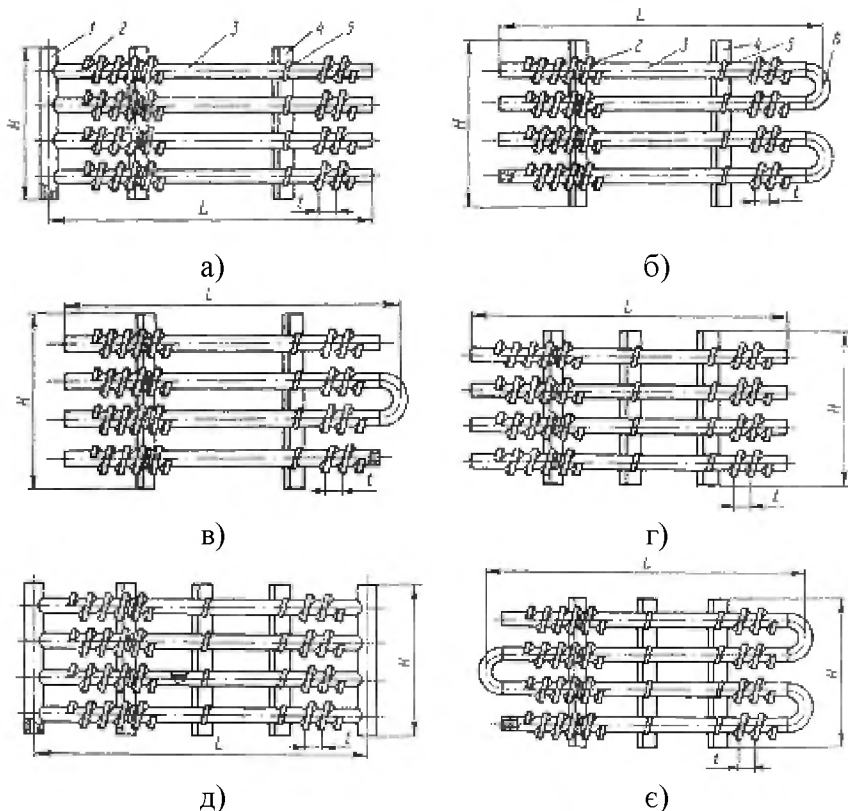
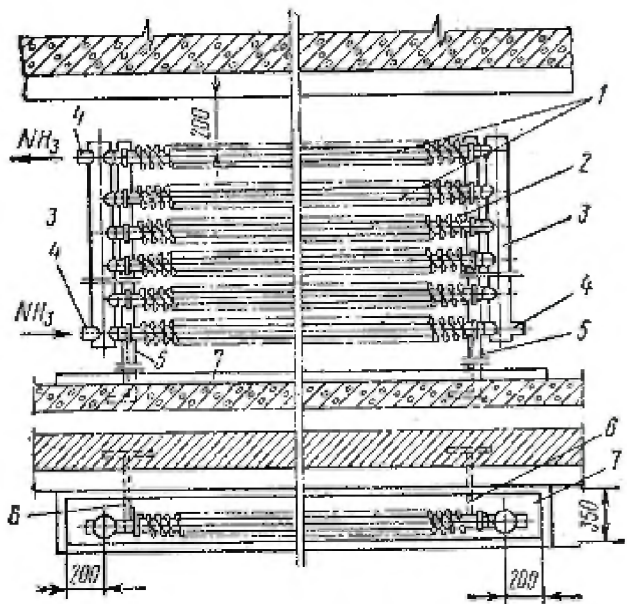


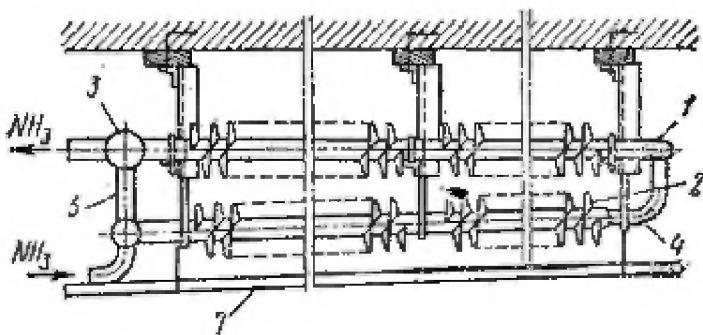
Рисунок 2.12 – Уніфіковані типи секцій батарей:

а – одноколекторна; *б* – змійовикова хвостова;
в – змійовикова головна; *г* – середня; *д* – двоколекторна;
є – змійовикова; 1 – колектор; 2 – ребро; 3 – труба;
 4 – стійка; 5 – хомут; б – калач; *H*, *L* – габаритні розміри;
t – крок оребрення

Пристіпні батареї розташовують відповідно до проекту у верхній частині стіни, як показано на рисунку 2.13а. Відстань від стіни до осі труби становить 130-150 мм, від стіни до торцевої частини труби не менше 500 мм, а від стелі до осі труб 200-300 мм.



а)



б)

Рисунок 2.13 – Схема розташування батарей:

а – пристінні; *б* – стельові;

1 – труба; *2* – ребро; *3* – колектор або калач; *4* – штуцер;

5 – стійка; *6* – кронштейн; *7* – піддон

Батарей закріплюють біля стін за допомогою кронштейнів, забитих у стіну камери. Батарей піднімають до проектних точок і розміщують у вертикальному положенні, забезпечуючи при цьому горизонтальність оребрених труб батарей. Для цього змінюють товщину металевих підкладок на кронштейнах під стійками батарей у процесі їх закріплення. Вертикальність батарей перевіряють за допомогою виска. Пристінні батареї встановлюють, застосовуючи піднімальні пристрої й пристосування.

Стельові батареї (рис. 2.13б) розміщуються на відстані 400–500 мм від перекриття. У камеру батареї доставляють на візку й розміщують їх на підлозі поблизу місця встановлення. Батарей монтують із нахилом 0,2% у бік руху холодоагенту.

2.5.4 Монтаж апаратів із секціями та зміювками на піддопі або баці

До цієї групи відносять повітроохолоджувачі, випарні конденсатори, розсільні панельні випарники.

Підвісні повітроохолоджувачі (рис. 2.14) розміщують під стелею камер. Повітроохолоджувачі надходять на монтаж у зібраному вигляді. Вони складаються з трьох частин, змонтованих на двох швелерних балках, які використовують для підвішення апарата до стелі. У середній частині апарата розміщуються два осьових вентилятори, а у двох крайніх – оребрені батареї з труб діаметром 25x2,5 мм із пластинчастими сталевими ребрами товщиною 0,4 мм.

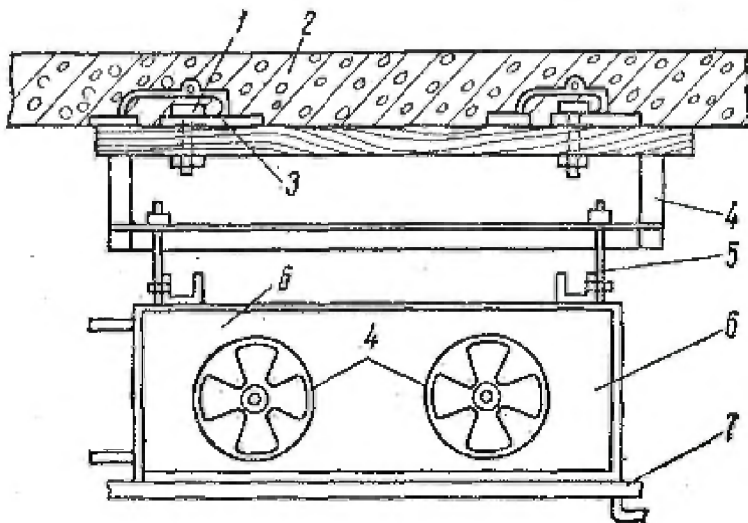


Рисунок 2.14 – Підвісний повітроохолоджувач:

1 – болт; 2 – перекриття; 3 – закладна деталь;
4, 5 – кріплення; 6 – повітроохолоджувач; 7 – піддон із
відвідною трубою

Повітроохолоджувач повинен розташовуватися таким чином, щоб стікаючий струмінь повітря поширювався уздовж балки, небажаний його розвиток у поперечному напрямку. При витіканні струменя перпендикулярно до балки, необхідно верхній зріз повітроохолоджувача розташувати нижче балки, при цьому варто врахувати, що верх штабеля вантажу не повинен досягати днища повітроохолоджувача.

Не рекомендується розташовувати повітроохолоджувачі над входом у камеру, тому що вологе повітря, що надходить із відкритих дверей, призведе до інтенсивного інієутворення та необхідності частого відтаювання.

Патрубки можуть бути мідними на фреонових і сталевими на аміачних повітроохолоджувачах. Причому, сталеві патрубки можуть бути виконані з корозійностійкої та вуглецевої сталі й мати різні покриття (наприклад, оцинкування). Мідний патрубок виконаний таким чином, щоб труба входила всередину.

Воду, що утвориться при відтаюванні, відводять із нижньої частини по пластиковому сантехнічному або сталевому трубопроводу. Цей трубопровід у холодильних камерах з мінусовою температурою необхідно обігрівати гнучкими ТЕНами. Потім, при більш складних схемах можуть з'являтися насоси для холодильного агента (при насосній схемі), насоси для води (при використанні градирні, випарного конденсатора, охолоджуваного водою конденсатора або маслоохолоджувача), економайзери й т.д.

Особливість монтажу аміачних повітроохолоджувачів полягає в тому, що в холодильній камері заборонено розташовувати запірну й регулюючу арматури, це зроблено з міркувань безпеки, тому що при поломці арматур краплі рідкого аміаку, що потрапили на шкіру або в очі, можуть нанести травму. Піддон повітроохолоджувача та зливна труба ізолюються тонким шаром теплоізоляції, бажано ізолювати всі трубопроводи, що проходять по камері з мінусовими температурами, щоб уникнути капелі.

2.5.5 Монтаж пристроїв для охолодження оборотної води

Бризкальні басейни та градирні (вентиляторні і плівкові) застосовують для охолодження оборотної води на холодильних установках [11, 12].

Бризкальні басейни розташовують на ґрунті, де вони одночасно застосовуються як ємності для води, що

дозволяє за необхідності працювати без додавання свіжої води тривалий проміжок часу. Басейн доцільно виконувати з похилими стінками (під кутом природного укосу ґрунту).

Бризкальний басейн монтують у такий спосіб: встановлюють насоси, укладають на опори басейну горизонтальний колектор із трубками до форсунок, прокладають трубопроводи від насосів до конденсаторів і назад до розподільних колекторів. Зварюють трубопроводи басейну і приєднують їх до насосів. Форсунки закріплюють на трубах за допомогою нарізних з'єднань.

Вентиляторні градирні (рис. 2.15) – це спорудження каркасного типу, що складаються з залізобетонного або металевого водозбірного басейну-піддона й просторового багатоярусного каркаса, виконаного з квадратних стійок. Усередині градирні на верхній горизонтальній каркасній обв'язці на висоті 10-12 м розміщують і закріплюють кожух із осьовим вентилятором. Кожух вентилятора складається з двох частин: конусоподібної (дифузornoї) і циліндричної.

Усередині кожуха вентилятора на сталевому каркасі кріплять електродвигун із вертикальним розташуванням вала. Вентилятор монтують єдиним блоком з електродвигуном й кожухом на верхній горизонтальній обв'язці каркаса градирні. Змінюючи товщину спеціальних металевих підкладок, регулюють положення кожуха вентилятора щодо верхньої каркасної обв'язки. Кожух вентилятора розташовують горизонтально, перевіряючи його розташування за рівнем: допуск на негоризонтальність має становити не більше 0,5 мм.

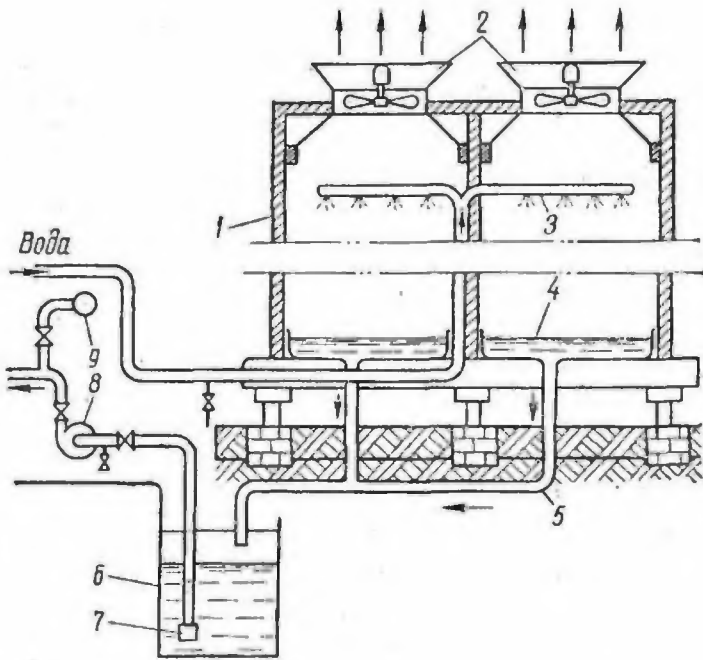


Рисунок 2.15 – Схема монтажу вентиляторної градирні:

1 – стінки каркасної частини градирні; 2 – осьові вентилятори; 3 – водорозподільний колектор із форсунками; 4 – піддон; 5 – зливальний трубопровід; 6 – бак для води; 7 – приймальний клапан; 8 – насос; 9 – водопровід

Вивірений блок вентилятора з електропроводами, приєднаними до клем, розміщують на градирні в проектному положенні. Потім установлюють водорозподільний колектор із труб у зібраному вигляді з форсунками й розміщують його усередині градирні на опорах. При цьому форсунки повинні бути спрямовані вниз. Колектори закріплюють після вивірення їх на горизонтальність і на рівномірність зрошення обсягу

градирні. Далі в апаратному відділенні холодильної установки монтують водяні насоси й трубопроводи, призначені для забору води з піддона й подачі її до колекторів конденсатора.

2.6 Монтаж допоміжного обладнання

2.6.1 Монтаж насосів

Насоси для води й холодоносія (рис. 2.16), як правило, постачаються в збірці з електродвигунами, установленими на чавунній плиті або сталевій рамі. Насоси монтуються на бетонному фундаменті, маса якого повинна бути більшою від маси насоса з електродвигуном у 5-6 разів. Неспіввісність їхніх валів не повинна перевищувати 0,3 мм [15, 19].

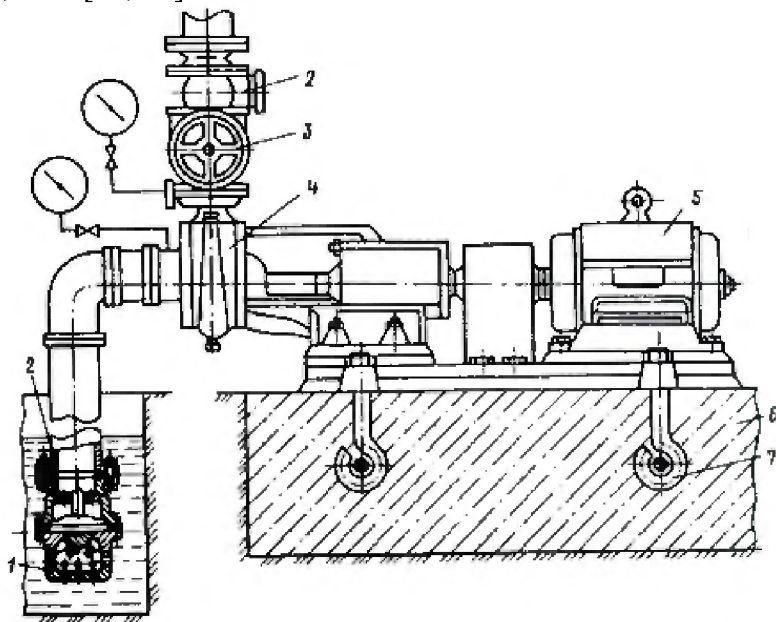


Рисунок 2.16 – Схема встановлення насоса для води:

1 – фільтр-забірник; 2 – зворотний клапан; 3 – запірний вентиль; 4 – насос; 5 – електродвигун; 6 – фундамент; 7 – фундаментний болт

Трубопроводи повинні мати власні опори (підвіски, кронштейни й т.д.) і не передавати зусиль на насос. Обов'язкова установка засувки й зворотного клапана на напірному трубопроводі. Для перекачування холодоносія встановлюються насоси, в яких необхідно передбачити збирання холодоносія у випадку протікання його через сальник.

Насоси для холодоагентів встановлюють у безпосередній близькості від циркуляційного ресивера. Трубопровід між стояком ресивера й насосом не повинен мати поворотів, діаметр трубопроводу повинен відповідати розміру всмоктувального патрубка. На всмоктувальній лінії насоса повинні бути встановлені засувка (або вентиль) і фільтр, сітку якого після очищення аміаку від забруднень видаляють. Корпус фільтра використовують для збирання масла. Відстань від мінімального робочого рівня рідини в циркуляційному ресивері до осі насоса повинна бути не менше його припустимого кавітаційного запасу, зазначеного в технічній характеристиці.

Трубопровід відведення рідини від задньої кришки насоса приєднується до всмоктувальної лінії на відстані 400-500 мм від усмоктувального патрубка насоса. Довжина цього трубопроводу не повинна перевищувати 2,0-2,5 м при діаметрі труб 38x2,5 мм. Запірну арматуру на ньому не встановлюють, а у випадку встановлення - пломбують у відкритому положенні. Для видалення пари з усмоктувального трубопроводу й задньої кришки влаштовуються лінії, що з'єднуються з паровою частиною циркуляційного ресивера.

2.6.2 Монтаж масловіддільників та маслосбирачів

Масловіддільники та маслосбирачі в машинах великої продуктивності монтують окремо поблизу ресивера або конденсатора. Їх установлюють вертикально на бетонному фундаменті. Масловіддільники, у яких гарячі пари охолоджуються рідким аміаком, установлюють так, щоб бобишка на їхньому корпусі була нижче штуцера ресивера на 150-200 мм, як показано на рисунку 2.17 [12, 17, 20].

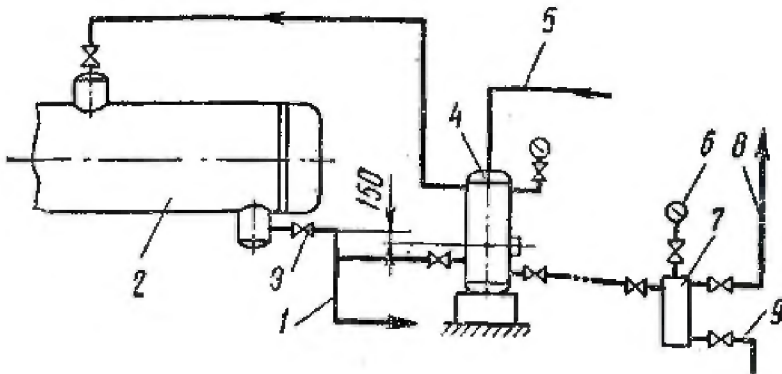


Рисунок 2.17 – Схема монтажу масловіддільників та маслосбирачів:

1 – трубопровід із регулювальною станцією;
2 – конденсатор; 3 – рідинний вентиль;
4 – масловіддільник; 5 – нагнітальний трубопровід;
6 – мановакуумметр; 7 – маслосбирач; 8 – трубка для відсмоктування парів аміаку;
9 – трубопровід для випускання масла

Вертикальне положення масловіддільника перевіряють за виском й потім закріплюють його на опорах. До штуцерів кріплять запірні вентиля й монтують

трубопроводи: від ресивера та від конденсатора до маслозбирача та до компресора. Маслозбирачі, у яких пари аміаку відсмоктуються через верхні штуцери, що з'єднуються трубками зі всмоктувальним трубопроводом компресора, установлюють також вертикально. У нижній частині маслозбирача монтують вентиль зі штуцером для випускання масла з апарата.

2.6.3 Монтаж регулюючої станції

Регулююча станція призначена для ручного регулювання подачі рідкого аміаку з випарника до інших апаратів. Основною частиною станції є горизонтальний колектор зі сталеві труби з привареними патрубками й фланцями для монтажу запірних і регулюючих вентилів (рис. 2.18).

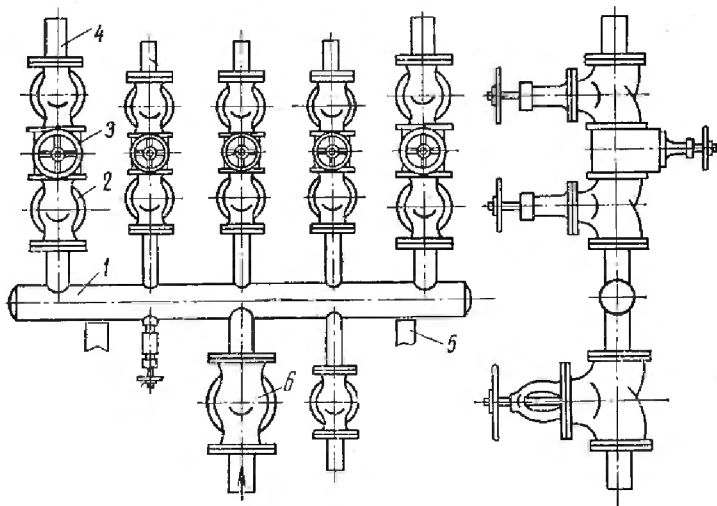


Рисунок 2.18 – Схема монтажу регулюючої станції:
 1 – колектор; 2 – запірний вентиль; 3 – регулюючий вентиль; 4 – патрубки; 5 – опори; 6 – загальний запірний вентиль

До складу регулюючої станції входять сталевий каркас із опорами під колектори й щит, на якому закріплюють прилади. Монтаж регулюючої станції полягає в розміщенні каркаса з опорами в машинному відділенні відповідно до проекту. На початку монтажу підготовляють запірні й регулюючі вентиля. Потім на опорах каркаса монтують колектор у горизонтальному положенні з патрубками й вентилями, розташованими вертикально. Установлення колектора перевіряють рівнем, а установлення патрубків – виском і рівнем. Після вивірення колектор закріплюють на опорах хомутами.

2.6.4 Монтаж фільтрів

Фільтри, що використовуються в холодильних установках, бувають двох видів:

- технологічні фільтри-осушувачі;
- грязевловлювачі.

Технологічні фільтри-осушувачі з адсорбентом (рис. 2.19) використовують при монтажі хладонових систем.

Вони призначені для вловлювання з хладонової системи вологи, що залишилася в порожнинах після монтажу, а також вологи, що виділяється в процесі роботи холодильної машини. Технологічний фільтр-осушувач, використовуваний при монтажі установок, заповнюють синтетичним цеолітом у вигляді таблеток, що розташовуються у сіткових патронах.

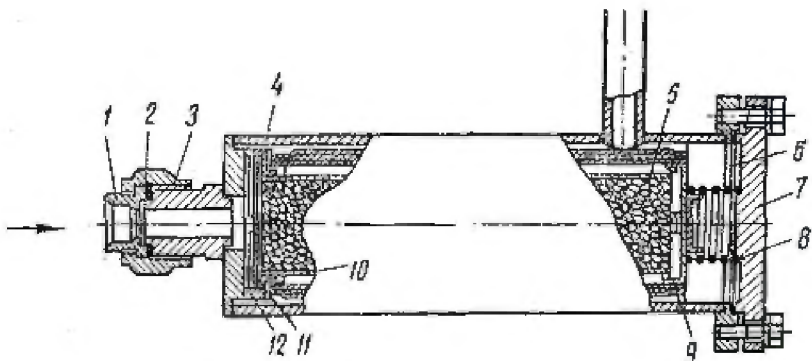


Рисунок 2.19 – Фільтр-осушувач:

*1 – ніпель; 2,6 – прокладка паронітова; 3 – гайка накладна;
4 – корпус; 5 – адсорбент; 7 – кришка; 8 – пружина;
9 – фільтр; 10 – гільза; 11 – сітка; 12 – кільце*

Фільтр-осушувач 1 зазвичай встановлюють на лінії рідини перед терморегулюючим вентиляем 2 для захисту його від води та бруду (рис. 2.20).

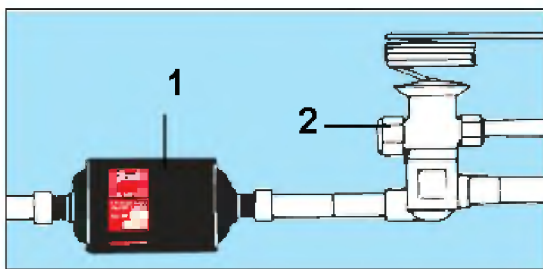


Рисунок 2.20 – Встановлення фільтра-осушувача

Швидкість холодоагенту в рідинній лінії невисока, і тому контакт між холодоагентом і твердим сердечником фільтра-осушувача досить гарний. У той же час гідравлічний опір фільтра незначний.

Фільтр-осушувач може бути також установлений на всмоктувальній магістралі, де його завданням є захист компресора від бруду й вологи, наявної в холодоагенті.

Фільтри, що встановлюються на всмоктувальному трубопроводі, так названі «антикислотні» фільтри, застосовують для видалення кислот із системи після виходу двигуна компресора з ладу в результаті перевитрат. Для того, щоб падіння тиску на фільтрі було невеликим, фільтр, що встановлюється на лінії всмоктування, повинен бути більше фільтра, що встановлюється на рідинній лінії.

При установці фільтра напрямок стрілки на його етикетці повинен збігатися з напрямком течії холодоагенту в магістралі. Фільтр-осушувач може мати різну орієнтацію в просторі, але при цьому необхідно враховувати таке:

– вертикальний монтаж зі спадним потоком холодоагенту дозволяє здійснювати швидке спорожнювання (вакуумування) холодильної системи;

– вертикальний монтаж з потоком холодоагенту, що сходить, збільшує час спорожнювання (вакуумування) холодильної системи, оскільки холодоагент повинен випаруватися з фільтра-осушувача.

Необхідна заміна фільтра-осушувача, якщо:

1) індикатор оглядового скла показує високий вміст вологи;

2) падіння тиску на фільтрі занадто велике (у процесі звичайної роботи спостерігаються міхурі в оглядовому склі);

3) замінений основний агрегат холодильної системи, наприклад, компресор;

4) при кожному відкритті холодильного контуру, наприклад, у випадку заміни клапанного вузла терморегулюючого вентиля.

Грязевловлювачі — це сітчасті фільтри (рис. 2.21), призначені для вловлювання піску, окалини й інших забруднень систем. Їх розміщують на всмоктувальних трубопроводах так, щоб засмоктувані пари холодоагенту надходили всередину фільтруючих сіток.

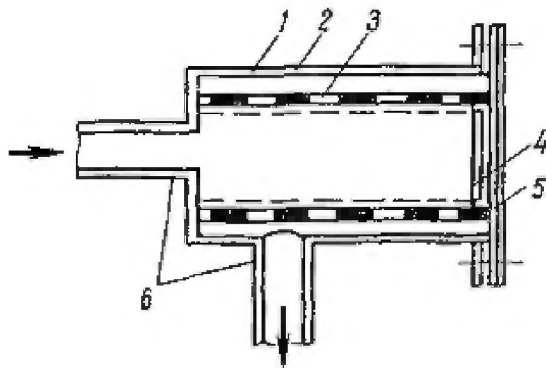


Рисунок 2.21 – Грязевловлювач:

1 – корпус; 2 – гільза; 3 – сітка-фільтр; 4 – кришка; 5 – пружина; 6 – штуцер

Перед монтажем внутрішні порожнини й сітки перевіряють на справність і чистоту. Встановлюють грязевловлювач відповідно до проекту, передбачаючи зручний доступ до знімного глухого фланця з фільтруючими сітками й можливість промивання сіток з метою видалення з їхніх поверхонь всіх забруднень.

2.7 Монтаж теплової ізоляції

До теплової ізоляції в холодильній і теплонасосній техніці ставлять особливі вимоги, як до коефіцієнта теплопровідності, так і до паропроникності. Стінові «сендвіч-панелі» й ізоляція холодильних камер повинні відповідати вимогам із пожежної безпеки [17, 22].

Трубопровід перед укладанням теплової ізоляції необхідно пофарбувати фарбою або ґрунтовкою в кілька шарів, застосування бітумного лаку не допускається. Заборонено монтаж ізоляції на трубопроводах, заповнених робочою речовиною, тому що сушіння й нагрівання трубопроводу технічним феном не дозволяють клею надійно закріпити ізоляцію до трубопроводу.

До сучасних ізоляційних матеріалів, що використовуються в холодильній і теплонасосній техніці, відносять матеріали на основі спіненого каучуку, спіненого поліетилену, мінеральної вати та ін.

Сучасна мінеральна вата, посилена алюмінієвою фольгою, відбиває теплове випромінювання і слугує додатковим шаром пароізоляції та механічного захисту. Спінений поліетилен застосовується для теплової ізоляції лише у фреонових установках.

Трубопроводи діаметром D_u до 100 мм доцільно ізолювати трубчастою ізоляцією. Спінені матеріали випускають у трубках, розрізних і нерозрізних. На кожен діаметр трубопроводу випускають відповідний діаметр трубчастої ізоляції, причому в ізоляції передбачений невеликий (1-2 мм) запас, тому що ізоляція не повинна мати натягу, це погіршує її довговічність і теплоізоляційні властивості. На ділянку труби наносять клей. На 3-4 м² пластини й 4-5 м трубки потрібно 1 л клею, він повинен підсохнути протягом 5 хв, потім накладають ізоляцію. Основну увагу потрібно звернути на герметичність стику: не повинно бути розривів та утворених «кишень», де можливе скупчення конденсату.

Всі стики незалежно від якості склеювання необхідно проклеювати скотчем, що додатково підсилить клейове з'єднання й дозволить додатково герметизувати шов.

Рекомендується накладати кільце скотчу не тільки в місцях стиків, що, як правило, мають довжину 2 м, але й посередині, тобто на кожні 2 м трубчастої ізоляції потрібно накласти три стяжних кільця.

Трійники ізолюють двома трубками, одну з яких накладають на основну трубу, в ній пробивають або круглий отвір, або скісний виріз. Другу трубу з

напівкруглим вирізом або клиновим вирізом з'єднують із нею.

Трубопроводи діаметром D_u понад 100 мм, теплообмінні й ємнісні апарати та баки ізолюють листовим ізоляційним матеріалом. Його також необхідно накладати на пофарбовану, суху поверхню, причому на поверхню і на матеріал необхідно наносити клей.

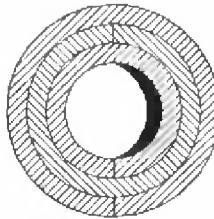


Рисунок 2.22 – Схема розташування торцевих стиків

Торцеві стики повинні розташовуватися в шаховому порядку, вони не повинні перебувати там же, де й торцеві стики нижнього шару (рис. 2.22). Стики найвищого шару повинні бути додатково проклеєні й зафіксовані скотчем. Всі шари ізоляції повинні бути склеєні між собою.

Найбільші труднощі для теплової ізоляції становить трубопровідна арматура. Арматуру з фланцями ізолюють листовим матеріалом. Спочатку смужками ізоляції нарощують ізоляцію труби до діаметра фланця, потім заповнюють простір між шпильками або болтами обрізками й обертають ізоляційним листом із отвором під шток вентиля. Приварну арматуру також ізолюють листовим матеріалом.

За несприятливих умов (краплі води, викиди пари, прямі сонячні промені) необхідно пофарбувати теплову ізоляцію на основі каучуку й поліетилену фінішними фарбами. Витрата фарби при фарбуванні подвійним шаром – 1 л на 4 м².

У ряді випадків використовують шкарлупи із спіненого пінополіуретану або пінополістиролу. Великими їх перевагами є широкий температурний діапазон застосування, міцність, надійність і довговічність. Незручність полягає в складності ізоляції фасонних деталей – на кожен діаметр відводу або вентиль потрібно мати свою заготовку.

Для ізоляції холодильних камер спочатку накладають пароізоляцію, потім роблять риштування з таким розрахунком, щоб до дерев'яних брусів кріпити листи алюмінію, оцинкованої сталі або пластика. Крок бруса повинен дорівнювати ширині листа або бути трохи меншим. Між брусом вставляють плити теплової ізоляції, шви при цьому необхідно заповнити монтажною піною. Потім камеру обшивають листами, що захищають ізоляцію від ушкоджень під час вантажно-розвантажувальних робіт, матеріал обшивання повинен мати дозвіл на застосування в харчовій промисловості, якщо це холодильна камера – для продуктів живлення.

Перш ніж накладати ізоляцію в холодильній камері, треба передбачити місця закріплення повітроохолоджувачів та іншого устаткування, трубопроводів і кабелів.

Найбільше поширення в сучасній холодильній техніці одержала тепла ізоляція із сендвіч-панелей. Із сендвіч-панелей прийнято будувати не тільки холодильні камери, але й технологічні корпуси, машинні відділення. Будівельна організація виготовляє металевий каркас, на який закріплюють згодом панелі й устаткування.

Виготовляють панелі з листами з корозійностійкої сталі й алюмінію. Теплоізоляція, що застосовується в панелях, досить різноманітна – залежно від переваг виробника. Найпоширенішими є сендвіч-панелі з мінеральної вати, тому що вони негорючі; вартість таких

панелей нижче, ніж поліуретанових. Такі панелі не рекомендуються для низькотемпературних камер. Набагато кращими варто вважати пенополіуретанові сандвіч-панелі. Такі панелі придатні навіть для камер з температурами до мінус 70 °С. Однак часто зустрічаються панелі з тепловою ізоляцією з пінополістиролу, в них листи до ізоляції приклеюють.

Між собою панелі кріплять за допомогою пазів і замків. У стиках є герметизуючі прокладки, що не дозволяють волозі проникати всередину приміщень. Крім герметизуючих прокладок, використовують силіконові герметики.

2.8 Контрольні занитання

- 1 Обов'язки виробничо-технічного відділу.
- 2 Типи технічної документації, що використовується при монтажі установки.
- 3 Типи фундаментів.
- 4 Охарактеризуйте установочні бази.
- 5 Яким чином проводиться вивірення устаткування на горизонтальність?
- 6 Яким чином проводиться вивірення устаткування на вертикальність?
- 7 Яким чином проводиться перевірка рівномірності завантаження підкладок?
- 8 Яким чином проводиться перевірка взаємного розташування компресора й електродвигуна?
- 9 Вимоги до розташування теплообмінних апаратів та посудин.
- 10 Правила монтажу горизонтальних циліндричних апаратів.
- 11 Правила монтажу вертикальних циліндричних апаратів.

12 Правила монтажу плоскозмійовикових і колекторних батарей.

13 Порядок дій при монтажі насосів.

14 Монтаж масловіддільників та маслозбирачів.

15 Монтаж регулюючої станції та фільтрів.

16 Вимоги до монтажу теплової ізоляції установки.

Розділ 3 ПУСКОПАЛАГОДЖУВАЛЬНІ РОБОТИ

Пусконалагоджувальні роботи – це завершальна частина монтажу. При пусконалагоджувальних роботах систему випробовують на міцність і щільність, заправляють холодильним агентом, холодоносієм, циркуляційною водою, перевіряють правильність підключення електродвигунів і приладів автоматизації, налаштовують агрегати на робочий режим і запускають установку [7, 8, 15, 19, 28].

3.1 Винробування холодильної установки на міцність і щільність

Після монтажу, перед пуском у роботу, а також після ремонту або зупинення, що триває більше року, посудини, апарати й трубопроводи повинні пройти технічний огляд.

До складу технічного огляду посудин, апаратів і трубопроводів входять:

- зовнішній і внутрішній огляд (за наявності люків);
- пневматичні випробування на міцність;
- пневматичні випробування на щільність посудин, апаратів і трубопроводів;
- випробування на герметичність.

Для хладонових установок випробування проводять тільки на щільність через високу плинність агенту. Для знову встановлюваних посудин та апаратів, що поставляють у зібраному вигляді, і законсервованих, якщо дотримані зазначені в експлуатаційній документації умови й строки зберігання, випробування на міцність проводити не потрібно. Нові посудини й апарати випробовують на

щільність і міцність повітрям або інертним газом (азотом) під тиском, зазначеним у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Тиск повітря (інертного газу) для випробовування на щільність та міцність

Сфера випробовувань	Тиск випробовування (надлишковий), МПа	
	пробний, на міцність	розрахунковий, на щільність
Сторона низького тиску установок та сторона проміжного тиску двоступінчастих установок	2,0	1,6
Сторона низького тиску для установок із температурою навколишнього (атмосферного) повітря не більше ніж 32 ⁰ С	1,5	1,2
Сторона високого тиску для установок із водоохолоджуваними та випарниковими конденсаторами	2,0	1,6
Сторона високого тиску для установок із конденсаторами повітряного охолодження	2,9	2,3
Сторона високого тиску для установок, що експлуатуються в умовах помірної та холодної зони при забезпеченні температури конденсації не більш, ніж 50 ⁰ С (за рахунок підбору обладнання)	2,5	2,0

При технічному огляді системи заборонено використовувати аміак і не рекомендується використовувати речовини HFC та HCFC типів (хладони) як середовище для випробувань. Також не можна використовувати холодильний компресор як повітряний. При випробуванні на міцність у аміачних установках для

окремого апарата або ділянки трубопроводу вони повинні бути від'єднанні від інших посудин, апаратів і трубопроводів за рахунок використання міжфланцевих металевих заглушок товщиною, розрахованою на тиск вище пробного в 1,5 рази. Заглушки повинні мати прокладки з хвостовиками, що виступають за межі фланців не менше ніж на 20 мм. Використання запірної арматури замість заглушок заборонено. Місця розташування заглушок відзначають попереджувальними знаками й звільняють від людей.

Уся запірна арматура на апараті і трубопроводі повністю відкривається, сальники ущільнюються, замість регулювальних клапанів і вимірювальних пристроїв установлюються монтажні штуцери. Контрольно-вимірювальні пристрої, що не розраховані на тиск випробування – відмикають.

На аміачних і великих хладонових установках тиск при випробуванні повинен контролюватися двома манометрами, що пройшли перевірку та опломбовані, однакового класу точності (не нижче 1,5), діаметром не менше 160 мм і шкалою на максимальний тиск, що дорівнює $4/3$ від вимірюваного тиску. Один манометр установлюють на повітряному компресорі після запірного вентиля, інший – на апараті або трубопроводі, найбільш віддаленому від повітряного компресора.

При спільній роботі нового й раніше встановленого устаткування, коли нове має більш низький робочий тиск, тиск випробування беруть за меншим значенням.

Тиск в апаратах і трубопроводах створюється залежно від внутрішнього об'єму установки повітряним компресором або з балонів. У великих установках передбачають спеціальні лінії підведення стисненого повітря й азоту для випробування системи, у малих хладонових установках систему випробовують хладоном,

але у зв'язку з обмеженнями, пов'язаними з екологічними проблемами, рекомендується замість хладону використовувати азот або повітря.

Випробування на щільність апаратів і трубопроводів проводять роздільно для сторін низького й високого тисків. Температура всередині системи й температура зовнішнього повітря для остаточних випробувань протягом не менше 3 годин повинна вирівнятися, і потім протягом не менше ніж 12 годин проводять випробування на щільність.

Зміна тиску за цей час не допускається, крім випадків, викликаних природним коливанням температури навколишнього середовища. Результат випробувань вважається позитивним за відсутності зниження тиску, видимих деформацій і розривів. Результати технічного огляду й дозвіл на введення в експлуатацію для аміачних апаратів і трубопроводів відповідальною особою вписується в паспорт.

Крім випробувань на міцність і щільність, аміачні трубопроводи разом із устаткуванням піддаються додатковим **випробуванням на герметичність** – після промивання й продувки системи. Тиск випробування дорівнює робочому тиску, для вакуумних трубопроводів він дорівнює 0,1 МПа, тривалість випробувань не менше 24 годин. Швидкість падіння тиску при випробуваннях не повинна перевищувати 0,2 % за одну годину.

Після пневматичних випробувань на щільність установку вакуумують і залишають під вакуумом протягом 18 годин при залишковому тиску 0,005 МПа. Тиск необхідно фіксувати щогодини, підвищення тиску допускається до 50 % за перші 6 годин, а надалі тиск повинен бути постійним. Вакуумують установку за допомогою вакуумних насосів, що приєднують шлангами до будь-якого вільного ніпеля або спеціально призначеного

для даних цілей виробником устаткування штуцером. Холодильний компресор не можна використовувати для вакуумування, тому що більшість сучасних компресорів за конструктивними особливостями не призначені для цього й можуть бути ушкоджені. Рівень вакууму контролюють за вакуумметром або мановакуумметром.

Трубопроводи холодоносія й трубопроводи оборотного водопостачання повинні піддаватися гідравлічним випробуванням на міцність і щільність. Випробування проводять водою при температурі 5 – 40 °С. У зимовий час вживають заходів для запобігання замерзанню води й надійному опорожненню трубопроводів після випробувань. Систему випробовують, створюючи необхідний тиск (0,6 МПа) насосом. Розрахунковий тиск витримують 10 хвилин (випробування на міцність), потім знижують до робочого тиску й оглядають зварені шви (випробування на щільність). Після закінчення огляду тиск на 5 хвилин знову підвищують і вдруге оглядають трубопроводи.

За відсутності видимих деформацій, течій і розривів випробування вважається задовільним. Одночасне гідравлічне випробування двох трубопроводів, що лежать на одній естакаді, допускається, якщо це дозволено проектом. Відкриті баки для води й холодоносія перевіряють наповненням водою.

3.2 Занравлення системи холодильним агентом і маслом

Після випробувань на щільність і міцність, усунення течії установку вакуумують, заправляють холодильним агентом, маслом, контур холодоносія – холодоносієм і систему оборотної води – водою.

3.2.1 Заправлення системи робочою речовиною ПФС- та ПСФС-тину

Залежно від ємності установки заправлення холодильним агентом роблять із цистерн або балонів. Для цього у системі передбачаються заправний колектор, спеціальний вентиль або ніпель. Заправлення роблять у лінійний ресивер, рідинний ресивер або в конденсатор. Чилери, спліт-системи та моноблоки, як правило, надходять з заводу заправленими маслом і холодильним агентом. Для того щоб перевірити заправлення системи, необхідно приєднати до вентиля манометр й виконати замір тиску з урахуванням температури навколишнього повітря. Температурна шкала відповідного холодоагенту на манометрі повинна показати температуру навколишнього середовища. Якщо температури, а отже, тиски відрізняються, то машина або не заправлена, або заправлена інертним газом [3, 12, 20].

Перед заправленням необхідно перевірити, чи всі манометри й прилади автоматизації на місці, чи зняті заглушки на нагнітанні й усмоктуванні компресора.

Неазеотропні холодильні агенти (R404A, R407C) заправляти можна лише за *рідинною фазою*, балон підключають до рідинного ресивера й установку заправляють рідким холодильним агентом. У протилежному разі більш легко киплячий компонент потрапить у систему в більшому обсязі, суміш в установці буде мати відмінні від холодильного агента властивості й не забезпечить необхідних температур і холодопродуктивності. Холодильні агенти, що є однією речовиною (R134A, R22), і азеотропні суміші (R502) можна заправляти за *рідинною і газоподібною фазами*.

При заправленні за газоподібною фазою балон приєднують до всмоктувальної лінії холодильної установки, що працює, і компресор відсмоктує з балона

пари агенту в систему. Для прискорення заправлення не слід гріти балон пальником або ставити балон у гарячу воду. Холодильні установки заправляють за масою, для чого використовують ваги або зарядні циліндри. У документації щодо устаткування повинна бути зазначена маса заправлення. У випадку відсутності таких даних необхідно прорахувати внутрішній обсяг апаратів й одержати масу заправлення холодоагенту.

Для заправлення з балона (рис. 3.1), на нарізний штуцер нагвинчують заправний шланг, другий кінець шланга приєднують до системи, але гайку до кінця не закручують і ставлять балон на ваги. Перед заправленням необхідно продути шланг від повітря, для чого відкривають на балоні вентиль і повітря видавлюється холодильним агентом зі шланга, після чого гайку закручують.

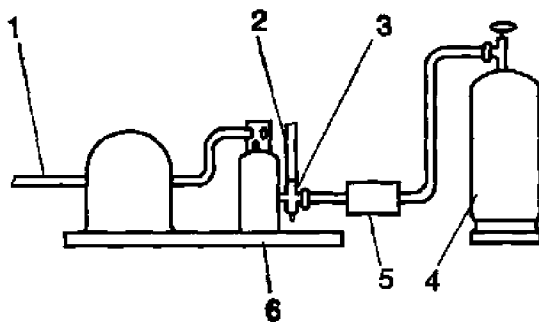


Рисунок 3.1 – Схема заправлення системи холодильним агентом:

1 – усмоктувальний трубопровід; 2 – рідинний трубопровід; 3 – заправний вентиль; 4 – балон із холодоагентом; 5 – фільтр-осушувач; 6 – компресорно-конденсаторний агрегат

Заправні вентиля або ніпелі на холодильній установці відкривають, і по шлангу холодильний агент

перетікає з балона у систему, за вагами контролюють масу заправленого агента.

Замість ваг може використовуватись зарядний циліндр. На прозорих стінках мірної склянки наносять риси, що характеризують об'єм для різних холодильних агентів.

3.2.2 Заправлення системи аміаком

Аміак у систему заправляють за спеціально спроектованим колектором, що винесений на вулицю, обов'язково обладнаним зворотним клапаном, манометром й запірною арматурою [16, 31].

Перед заповненням системи холодоагентом обслуговуючий персонал повинен пройти позаплановий інструктаж з техніки безпеки. Робоче місце повинне бути обгороджене, вивішені попереджувальні написи. На місці зливу холодоагенту не повинно бути сторонніх людей

Заправлення здійснюють за *рідинною фазою*.

Перед заправленням системи холодоагентом її вакуумують при залишковому тискові 0,005 МПа. Заповнення системи холодоагентом ведеться зі спеціальних залізничних або автомобільних цистерн або балонів. Залізничні цистерни поставляються місткістю 28 та 41-43 т, та розраховані на тиск 2,0 МПа. Автомобільні заправники ЗБА-2,6-130 і ЗБА-2,6-87-17 поставляються з цистернами обсягом 4,6 м³ і робочим тиском 1,6 МПа. Цистерни мають яскраво-сіре фарбування з жовтими поясами та напис "Аміак".

До місця подачі залізничної цистерни повинна бути прокладена рідинна магістраль для зливу аміаку, що приєднується до колектора регулюючої станції або до рідинного трубопроводу конденсатора.

Аміачна цистерна може приєднуватися за наступними схемами. За наявності центральної регулюючої станції до місця установки цистерни від аміачної системи холодильника прокладають рідинну магістраль із труб діаметром 50-57 мм, що призначена для зливу аміаку із цистерни. Магістраль приєднують до колектора регулюючої станції. За відсутності центральної регулюючої станції рідинну магістраль від цистерни приєднують до рідинного трубопроводу конденсатора. Рідинний трубопровід конденсатора повинен роз'єднуватися запірною арматурою, щоб в одну частину випарної системи вливався аміак із цистерни, а в іншу її частину надходив аміак з конденсатора.

Рідинний (зливальний) трубопровід приєднують до зливального вентиля цистерни сталеву трубою. Для спостереження за тиском при зливі аміаку на трубопроводі встановлюють манометр (рис. 3.2)

Головний інженер підприємства зобов'язаний щоразу особисто переконатися в тому, що цистерна правильно приєднана до аміачної системи холодильника. Тільки тоді він може дати письмовий дозвіл начальникові компресорного цеху або механікові холодної установки на те, щоб зробити злив аміаку.

Для зливу аміаку із цистерни шляхом відсосу знижують тиск до вакууму в якій-небудь частині випарної системи холодної установки (батареї камер, випарники) або в циркуляційних ресиверах. Спочатку злив аміаку відбувається під дією тиску, що утворився в цистерні. В міру її спорожнювання тиск у ній знижується, а тиск у випарній системі, куди відбувається злив, поступово підвищується.

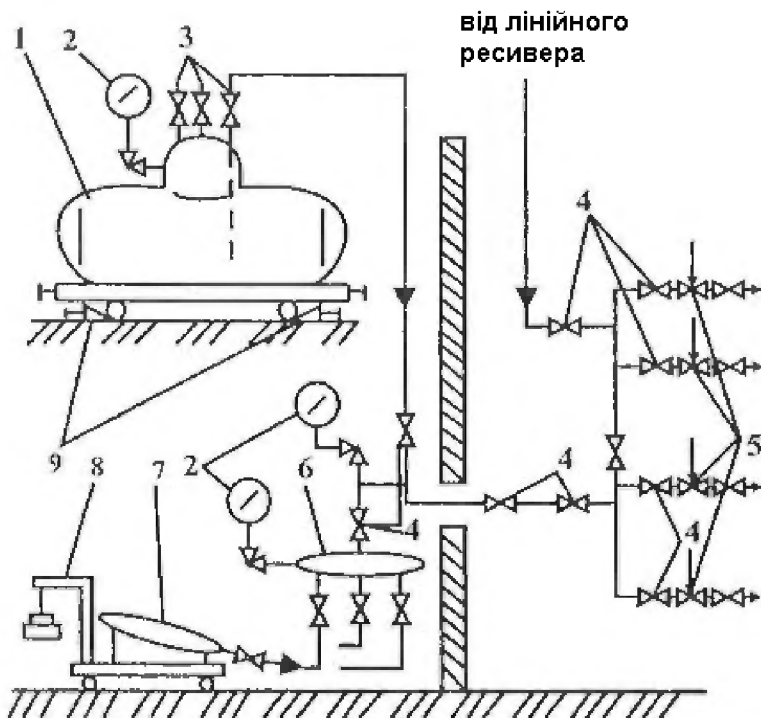


Рисунок 3.2 – Схема заповнення системи холодоагентом з цистерн та балонів:

1 – залізнична цистерна; 2 – манометри; 3 – запірні вентилі цистерни; 4 – запірні вентилі для розподілу рідкого холодоагенту в випарній системі; 5 – регулюючі вентилі; 6 – заправний колектор; 7 – балони; 8 – ваги; 9 – башмаки

У момент вирівнювання тисків злив аміаку припиняється й рідинний трубопровід розмерзається. Після цього знижують тиск в іншій частині випарної системи й зливають у неї аміак. Перемикання цистерни на частині випарної системи, у якій попередньо створений вакуум, проводять до повного звільнення цистерни від аміаку.

Закінчення повного зливу визначають за зниженням тиску в цистерні та відтаюванням рідинного трубопроводу. При частковому зливі кількість аміаку, що залишився, визначають за покажчиком рівня аміаку на цистерні. Тримати цистерну приєднаною до комунікацій, коли злив не відбувається, не дозволяється.

Об'єм заповнення апаратів холодильної техніки не повинен перевищувати таких значень (у відсотках):

Випарники:

– кожухотрубчасті.....	80
– змійовикові та панельні.....	50
– пластинчасті.....	20

Батареї:

– з верхньою подачею.....	30
– з нижньою подачею.....	70

Повітроохолоджувачі:

– з верхньою подачею.....	50
– з нижньою подачею.....	70

Конденсатори:

– кожухотрубні з ресиверною частиною обичайки.	100
– з ресиверною частиною обичайки, інших типів..	80

Ресивери:

– лінійні.....	50
– циркуляційні вертикальні та горизонтальні зі стояками.....	15
– циркуляційні вертикальні та горизонтальні без стояків.....	30
– захисні.....	–
– дренажні.....	–
– переохолоджувачі рідкого холодильного агенту	100
– проміжні посудини в установках	

двоступінчастого стиснення:

– вертикальні.....	30
– горизонтальні.....	50
– масловідільники борбатажного типу.....	30
– трубопроводи рідкого холодильного агенту.....	100
– морозильні та апарати безпосереднього охолодження.....	80
– трубопроводи сумісного відсмоктування парів та зливу рідкого холодильного агенту.....	30

Необхідно виконувати всі інструкції заводів-виготовлювачів із заправлення й спорожнення апаратів.

Заправлення системи аміаком можливе і з балонів (рис. 3.2). Аміак з балонів заправляють у систему під час роботи компресора через заправний колектор. Перш ніж приєднати балон до системи, переконуються, що в балоні перебуває холодоагент – аміак (наприклад, за допомогою манометричного колектора).

При несправному вентилі балон відкладають убік і сповіщають про це особі, що відповідальна за холодильну установку. Робити ремонт й очищення балонів, а також знімати з них запобіжні ковпачки ударами молотка не дозволяється. Для ремонту несправних балонів, їх направляють на завод-наповнювач із написом "Повний". Приєднання балонів до кутових запірних вентилів здійснюють за допомогою знімних сталевих трубок, до кінців яких приварюють штуцери з накладними гайками.

Додавання в систему аміаку здійснюють у такій послідовності. Балон зважують, записують його масу, укладають на похилу підставку, що перебуває на вагах, вентилям униз, знімають ковпак, обережно відвертають заглушку й приєднують його до сталевій трубці, другий кінець якої надійно з'єднаний із запірним вентилям. Після цього закривають запірний вентиль на рідинному

трубопроводі від конденсатора (ресивера), залишивши на регулюючій станції відкритим вентиль тієї частини системи, через яку будуть додавати аміак, і знижують тиск у колекторі регулюючої станції. Потім відкривають наповнювальний вентиль на трубопроводі, запірний вентиль і вентиль на балоні. Аміак з балона перепускають у ту частину системи, залишковий тиск у якій нижче атмосферного. Якщо тиск у системі підвищиться настільки, що випуск аміаку буде неможливий, балон перемикають на іншу ділянку системи, в якій попередньо знижують тиск до вакууму.

На великих холодильних установках до заправного колектора одночасно приєднують кілька балонів. Під час наповнення уважно стежать за рівнем аміаку в лінійному ресивері й тиском конденсації. При досягненні в ресивері достатнього рівня, додавання аміаку в систему припиняють і переходять на роботу за нормальною схемою.

3.2.3 Заправлення системи маслом

Невеликі хладонові установки надходять, як правило, заправленими маслом. Великі агрегати надходять без заправлення маслом. Для цього до штуцера в картері або маслоохолоджувачі приєднують шланг, другий кінець якого опускають у бочку або в каністру (рис. 3.3).

Масло надходить у агрегат, що знаходиться під вакуумом, тому важливо не допустити попадання повітря в систему.

Як правило, заправляють компресор до 3/4 рівня оглядового скла. Агрегати великої продуктивності доцільно заправляти через спеціально передбачену у схемі холодильної установки маслозаправну станцію, обладнану насосами, манометрами, датчиками рівня й арматурою. Холодильні масла повинні перебувати на відкритому повітрі не більше 10 хвилин, інакше вони встигають

набрати вологи з повітря, що, можливо, не буде поглинена фільтром-осушувачем і замерзне в дроселюючому пристрої.

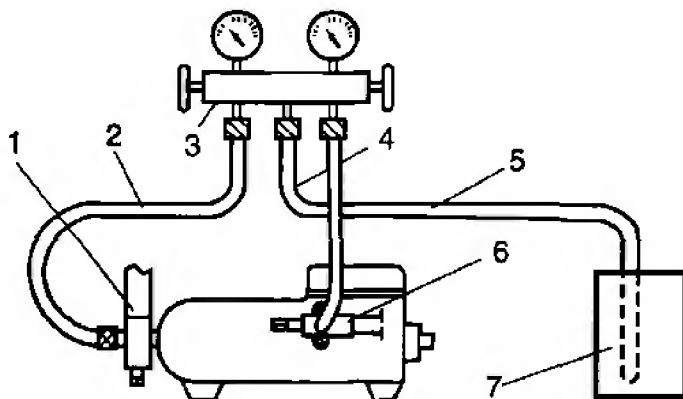


Рисунок 3.3 – Схема заправки системи маслом:

1 – усмоктувальний вентиль; *2,4,5* – шланг;
3 – манометровий колектор; *6* – нагнітальний вентиль;
7 – посудина з маслом

Необхідно враховувати, що масла різних фірм мають різні антикислотні добавки, тому масла не можна змішувати. Синтетичні масла, забруднені мінеральним маслом, значно гірше перемішуються з фреоном, що призводить до погіршення властивостей холодоагенту.

3.3 Обкатування компресора

Після монтажу обкатують лише аміачні компресори, хладонові обкатують на заводі-виробнику [12, 19].

Розрізняють два способи обкатування компресора:

- без клапанів;
- із клапанами.

3.3.1 Обкатування компресора без клананів

Цю операцію роблять на холостому ході, щоб перевірити правильність складання механізму руху компресора та справність масляної системи. При обкатуванні стежать за тим, щоб не було вібрації трубопроводів і компресорів, а також сторонніх стуків.

Перед обкатуванням перевіряють величину мертвого простору циліндра, знімають кришки циліндрів, а також усмоктувальні й нагнітальні клапани. Потім картер компресора, ретельно промитий, заповнюють свіжим маслом. Знімають кришку фільтра з усмоктувального трубопроводу компресора, виймають й обмотують сітку фільтра двома-трьома шарами марлі, змоченої холодильним маслом аміачного компресора, для того, щоб захистити циліндри від попадання в них бруду, окалини й піску.

Повертають компресор за маховик вручну не менше ніж на два повних оберти вала. Перевіряють напрям обертання вала компресора за стрілкою, нанесеною на передній кришці компресора. При неправильному напрямі обертання вала компресор зупиняють, перемикають обмотки електродвигуна й ще раз перевіряють напрям обертання вала.

Після закінчення підготовки до обкатування пускають компресор у роботу на 5 хвилин. При пуску уважно спостерігають за показаннями мановакуумметра маслонасоса компресора. При несправній роботі масляного насоса (стрілка приладу залишається нерухомою в нульовому положенні) компресор негайно зупиняють.

Після 5 хвилин нормальної роботи компресор зупиняють, переконуються у відсутності підвищеного нагрівання у підшипниках, циліндрах й у справній роботі масляного насоса. Потім пускають компресор для

обкатування на холостому ходу протягом ще двох годин роботи.

Під час обкатування тиск масла на манометрі повинен бути близько 0,15 МПа. Температура масла в картері не повинна перевищувати 65 °С. При роботі компресора через кожні 10 – 15 хвилин повертають рукоятку фільтра тонкого очищення масла, щоб видалити забруднення з фільтруючих поверхонь. У випадку сильного забруднення повернути рукоятку неможливо, тому необхідно зупинити компресор, вийняти фільтр, промити його й знову встановити в корпус насоса.

Після двогодинного обкатування компресор оглядають: знімають бічну кришку картера, переконуються в нормальній температурі шатунних і корінних підшипників, видаляють масло з картера, промивають картер і фільтр масляного насоса. Переконуються в правильності складання деталей приводного пристрою компресора.

Потім установлюють усмоктувальні й нагнітальний клапани, промивають фільтри на усмоктувальному штуцері компресора й масляного насоса. Заповнюють свіжим маслом картер, а також масляний трубопровід.

До початку випробування компресора з клапанами роблять його обпресовування повітрям. Для цього приєднують до картера тимчасовий трубопровід стисненого повітря від повітряного компресора при закритих нагнітальному й усмоктувальному вентилях компресора і створюють у картері компресора тиск стисненим повітрям до 0,1 МПа. При цьому тиску перевіряють герметичність всіх з'єднань компресора і його трубопроводів і зазначають місця витікання повітря. Після задовільної роботи компресора без клапанів виконують обкатування з клапанами.

3.3.2 Обкатування компресора з клананами

Компресор пускають в обкатування на 6 годин: спочатку без протитиску на 2 – 3 години роботи, а потім із протитиском протягом ще 2 – 3 годин. У цьому випадку нагнітальний трубопровід приєднують до одного з апаратів системи.

Після закінчення контрольних випробувань компресор зупиняють, повітря з компресора випускають назовні. У картері знижують тиск, видаляючи повітря із системи за допомогою вакуум-насоса, після чого картер і циліндри компресора заповнюють парами аміаку, перевіряють герметичність картера, сальника і всіх з'єднань компресора, користуючись індикаторними паперовими стрічками.

3.4 Контрольні запитання

1 Що входить до складу технічного огляду посудин, апаратів і трубопроводів?

2 Що передбачає технічний огляд аміачних установок?

3 Яким чином проводяться випробування на щільність апаратів та трубопроводів?

4 Заправлення системи робочою речовиною HFC- та HCFC-типу.

5 Заправлення системи аміаком.

6 Заправлення системи маслом.

7 Обкатування компресора з клапанами і без клапанів.

Розділ 4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

4.1 Експлуатація і робочі режими поршневих холодильних компресорів

4.1.1 Тини поршневих холодильних компресорів

Дотепер поршневі компресори залишаються найбільш поширеним типом компресорів у холодильних установках й установках для кондиціонування повітря [6, 12, 14, 22, 25].

Існують такі види поршневих холодильних компресорів:

- герметичні;
- напівгерметичні;
- відкриті (сальникові).

Внутрішній корпус **герметичного компресора** виконаний, як правило, з алюмінію. В ньому знаходяться циліндри, основний підшипник вала, канали подачі газоподібного холодильного агенту, ємність для гасіння пульсації холодильного агенту й зниження шуму та вібрації. У змонтованій на головці циліндра панелі клапанів розташовані пластинчасті усмоктувальний і випускний клапани. Конструкція клапанів впливає головним чином на об'ємну продуктивність, рівень шуму й ресурс компресора.

Коленвал для моделей малої потужності зазвичай виконують із чавуну, а для моделей з потужністю вище 1кВт – зі сталі. На ньому укріплений ротор електродвигуна. Поршні й шатуни виготовлені головним чином з алюмінію [1, 4, 27].

Корпус являє собою дві оболонки (верхня й нижня) зі штампованої сталі, з'єднані периферійним зварюванням,

з нього виведений блок клем і три мідні трубки: всмоктування, подачі й допоміжна (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Герметичний холодильний компресор

У моделях найбільшої потужності змащення здійснюється шестеренним насосом, приєднаним до колінвала й зануреним у картер. У моделях малої потужності змащення здійснюється з використанням трубочки, що вставлена в колєнвалі. Трубочка опускається нижче рівня масла при працюючому агрегаті. Спеціальна спіралеподібна насічка на колєнвалі дозволяє маслу циркулювати під дією відцентрової сили, досягаючи при цьому вкладишів шатуна.

У герметичних компресорах малої потужності використовуються асинхронні однофазні електродвигуни, в компресорах найбільшої потужності – трифазні. Двигуни

охолоджуються з використанням газоподібного холодильного агенту.

Корпус одноступінчастого **напівгерметичного компресора** може бути виготовлений із чавуну з циліндрами, виконаними безпосередньо в корпусі, або у вигляді оболонки із циліндрами зі вставними гільзами (рис. 4.2). Одна зі сторін залишається відкритою для встановлення електродвигуна. Потім вона закривається кришкою на болтах. Масляний насос розташований на протилежному боці. Панель клапанів, що розташовується над блоком циліндрів, закривається під відповідною головкою.

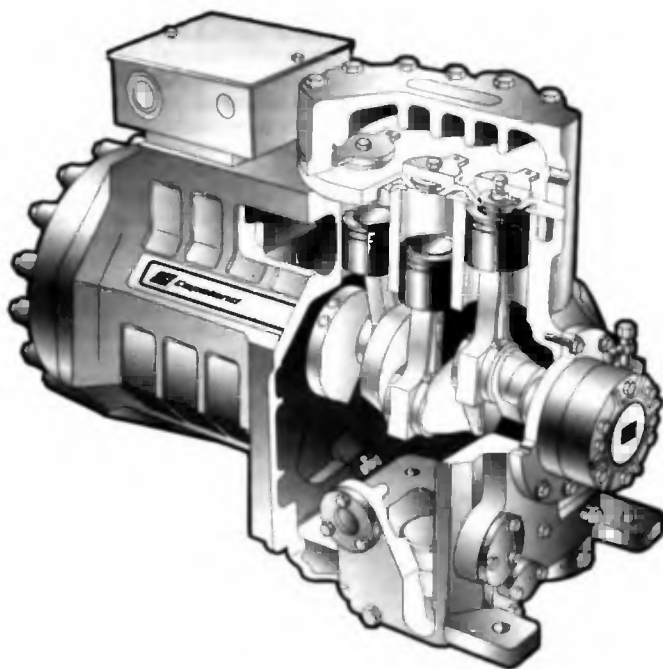


Рисунок 4.2 – Напівгерметичний компресор

Колінвал виконаний з легованої сталі гарячого штампування або з чавуну й має осьовий отвір для подачі

масла. Шатуни виконані з алюмінію. Кріплення ніжки шатуна виконується з використанням гвинтів або гвинтів і болтів. Поршні виконані з алюмінію й мають плоску або опуклу головку. На них є маслоснімальні й компресійні кільця. Поршневі пальці, виконані зі сталі з термообробкою, закріплюються з двох боків поршня стопорними кільцями. Усмоктувальні й випускні клапани пластинчастого типу з еластичної сталі встановлені на панелі клапанів і мають одну робочу площину. Вони забезпечують надійність функціонування й дозволяють спростити конструкцію, що полегшує технічне обслуговування компресора. У компресорах великої потужності застосовуються дискові й кільцеві клапани, що дозволяють забезпечити більш високі значення об'ємної продуктивності компресора.

Відкриті поршневі компресори, як правило, виготовляються на одній рамі з електродвигуном (рис. 4.3).

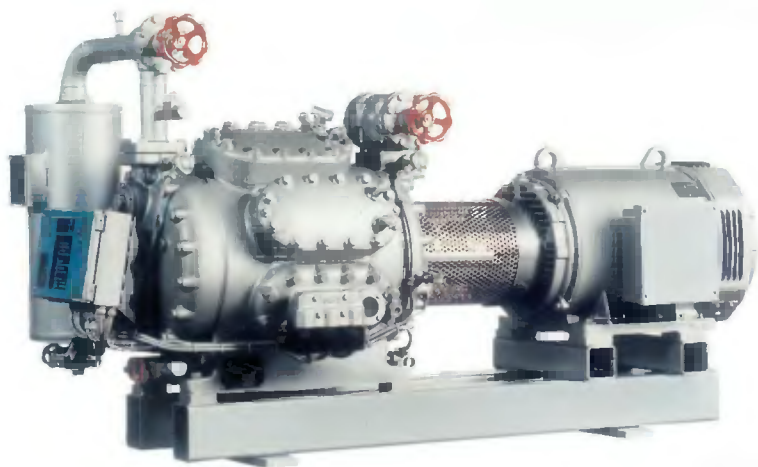


Рисунок 4.3 – Відкритий поршковий компресор

З'єднання компресора й електродвигуна відбувається через пружну муфту. Компресорний блок

поставляється з масляним насосом та фільтром й запірними вентилями, що встановлюються на лінії всмоктування та нагнітання.

4.1.2 Нуск і зунинення холодильних машин із норшневим компресором

Особливості нуску аміачної холодильної машини

В аміачній холодильній машині насоси охолодної води й холодоносія запускають із закритою засувкою на нагнітанні. Засувку повільно відкривають при досягненні повного тиску насоса. У системі холодоагенту відкривають всі вентиля, за винятком регулюючого.

Нуск компресора відбувається в напівавтоматичному режимі. Перевіряють наявність різниці тисків масла за манометрами на сальнику й картері. Для низькооборотних компресорів ця різниця повинна становити 0,05-0,15 МПа, а для високооборотних – 0,2-0,3 МПа. Компресор запускають із відкритим нагнітальним вентилям і, перевіривши різницю тисків масла, відкривають усмоктувальний вентиль. Усмоктувальний вентиль відкривають повністю при зниженні тиску у випарній системі, коли температура нагнітання компресора досягне 70°С. Після цього відкривають регулюючий вентиль.

Перед зупинкою компресора закривають регулюючий вентиль і відсмоктують аміак із випарної системи, не допускаючи підвищення температури нагнітання більше 160 °С. Це роблять із метою зниження рівня аміаку у випарнику для полегшення подальшого запускання. Потім закривають усмоктувальний вентиль компресора, відсмоктують пар з картера, зупиняють компресор, закривають нагнітальний вентиль. Після цього зупиняють насоси холодоагенту, води й холодоносія.

Особливості пуску хладонової холодильної машини

Хладоновий компресор може запускатися в напівавтоматичному режимі і автоматично.

Особливостями підготовки до пуску хладонових компресорів є включення електропідігріву масла в картері для випарювання з нього холодоагенту, а також перевірка вологості холодоагенту в системі за індикатором вологості.

Пуск компресора відбувається із закритим усмоктувальним вентиляем. Крім того, необхідно стежити за зниженням тиску в картері, тому що масло може спінюватися, що спричинить вибух масляного насоса. Усмоктувальний і регулюючий вентилялі необхідно відкривати при пуску без затримки. Це запобігає спінюванню масла в картері й сприяє нормальній циркуляції масла у системі.

При роботі хладонового агрегату в автоматичному режимі компресор запускається й зупиняється по команді реле температури або реле низького тиску.

4.1.3 Снособи регулювання холодильних машин із норшневим компресором

Для стабільної підтримки заданих температур в охолоджуваних приміщеннях необхідно відрегулювати холодопродуктивність установки до величини, що відповідає величині теплоприпливів при конкретному тепловому навантаженні.

Снособи регулювання:

1 Ручне або автоматичне вмикання або вимикання компресорів.

Автоматичний пуск і зупинення компресора відбуваються по команді термореле, що контролює

температуру в охолоджуваному приміщенні або температуру холодоносія, а також по команді реле низького тиску, що контролює тиск усмоктування компресора.

2 Зміна частоти обертання вала електродвигуна.

Частота обертання електродвигуна може бути змінена за рахунок підключення додаткових пар полюсів. Використовуються дво- і тришвидкісні електродвигуни асинхронного типу. Зменшення числа ввімкнених пар полюсів призводить до зростання частоти обертання електродвигуна.

3 Підключення додаткового мертвого простору компресора.

Додатковий об'єм мертвого простору розташовується в кришці або стінці циліндрів компресора. Величина цього об'єму може змінюватися. Холодопродуктивність компресора зменшується зі збільшенням мертвого простору. Енергетичні втрати при такому способі регулювання холодопродуктивності великі й пов'язані з необхідністю стискання пари, що перебуває в додатковому об'ємі мертвого простору.

4 Відключення окремих циліндрів.

Дані пристрої забезпечують закриття всмоктувального клапана одного або декількох циліндрів, що не допускає здійснення корисної роботи контрольованими циліндрами. Як правило, використовують соленоїдний клапан, установлений в головці циліндра (рис. 4.4). Соленоїдний клапан спрацьовує по команді з термостата і його приводний поршень притискає відповідну пружину клапана. Тим самим клапан перекриває канал усмоктування і перешкоджає надходженню газу в циліндр.

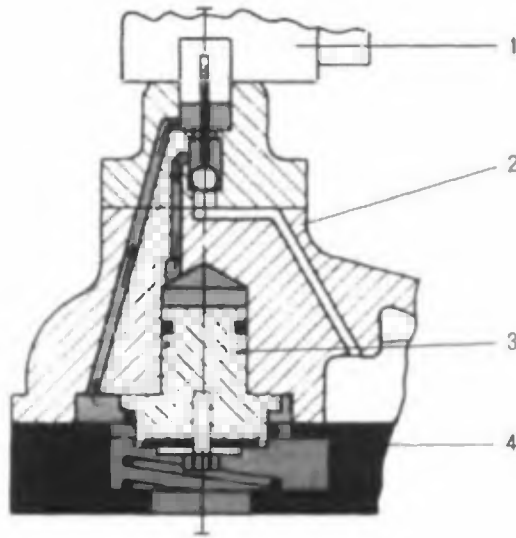


Рисунок 4.4 – Соленоїдний клапан

Компресор продовжує функціонувати з частковим завантаженням із меншими величинами холодопродуктивності. Майже в тій самій пропорції знижується величина споживаної електроенергії, внаслідок чого компресор працює з великою ефективністю навіть при часткових навантаженнях.

5 Зменшення подачі рідкого холодоагенту в камерні прилади.

При використанні одного компресора для охолодження декількох камер із різними температурами застосовують обмеження подачі рідкого холодоагенту в камерні прилади. При цьому має місце штучне відхилення від оптимального режиму: збільшується різниця між температурами охолоджуваних приміщень і температурою кипіння. Це знижує енергетичні показники роботи холодильної установки, однак знаходить застосування в

малих холодильних установках для харчової промисловості.

6 Байпасування.

З'єднання нагнітальної порожнини компресора з усмоктувальною називається байпасуванням. Байпасування дає можливість, перепускаючи пар із нагнітальної порожнини в усмоктувальну, розвантажити компресор при пуску. Тривала робота компресора при відкритому байпасові призводить до його перегріву.

7 Прикриття усмоктувального вентиля компресора.

При переповненні випарника рідким холодоагентом холодопродуктивність компресора зменшують, прикриваючи усмоктувальний вентиль компресора або запірний вентиль на випарнику. Дроселювання пари перед компресором зменшує інтенсивність кипіння холодоагенту в випарнику. В такий спосіб виключають винесення краплинної вологи з випарника в компресор. Якщо дроселювання пари для цього недостатньо – частково відкривають байпас.

4.2 Експлуатація і робочі режими холодильних агрегатів із гвинтовим компресором

4.2.1 Принцип дії гвинтового компресора

Гвинтові компресори для холодильних установок та установок кондиціонування повітря виготовляють у двох виконаннях: з подвійним і з одинарим гвинтом. Обидва типи мають горизонтальну напівгерметичну конструкцію. Для промислових холодильних установок ці компресори виготовляють також з конструкцією відкритого типу з зовнішнім двигуном [2, 12].

У наш час більша частина гвинтових компресорів працює на холодильних агентах R22, R134a, R410a. Гвинтові компресори частіше за все використовуються в діапазоні потужності від 300 до 1000 кВт. У цьому діапазоні потужностей їх використання дозволяє значно знизити кількість необхідних компресорів порівняно з поршневыми компресорами, що має ряд таких переваг: менші габарити й вага, менший обсяг технічного обслуговування, більша надійність і більший ресурс. У гвинтових компресорів набагато менше рухливих частин конструкції порівняно з поршневыми, що знижує потреби в технічному обслуговуванні й підвищує надійність функціонування.

Холодильні агрегати з гвинтовими компресорами є технічно більш досконалими, ніж поршневі компресори, і характеризуються деякими особливостями:

- використання електронних клапанів розширення;
- наявність сепаратора й охолоджувача масла, коли масло виконує такі функції, як змащення, ущільнення між гвинтами для утримання газу й охолодження гвинтів.

Гвинтовий компресор має усмоктувальні й нагнітальні вікна, які розташовані в торцевих частинах компресора по діагоналі його корпусу (рис. 4.5). Гвинтові ротори являють собою великомодульні циліндричні шестерні із зубами спеціального профілю. Зуби парних гвинтів утворюють теоретично безззорне зачеплення. До моменту з'єднання з усмоктувальним вікном зуби кожного ротора знаходяться у западинах іншого ротора.

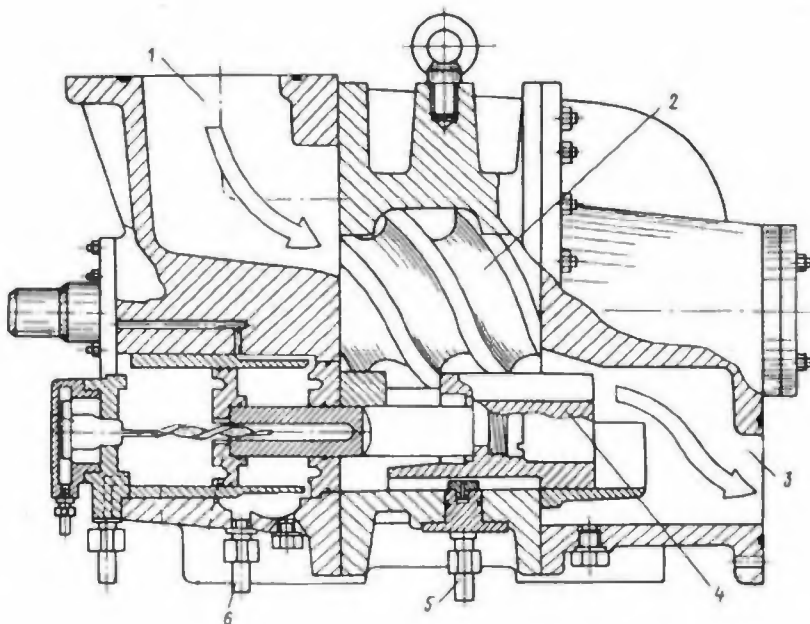


Рисунок 4.5 – Гвинтовий компресор:

*1 – усмоктувальна порожнина; 2 – гвинтовий ротор;
3 – порожнина нагнітання; 4 – золотник; 5 – штуцер подачі
масла в порожнину стиснення; 6 – штуцер подачі масла*

Усмоктування пари відбувається за рахунок того, що у міру обертання роторів зуби виходять із западин і вивільнюваний об'єм западин обох роторів (парна

порожнина) збільшується. При збільшенні обсягу парної порожнини тиск у ній знижується і пара заповнює її.

Коли торці гвинтових западин будуть відсічені від усмоктувального вікна, починається процес перенесення холодоагенту в напрямі секції нагнітання. При цьому западини поступово заповнюються зубами парного гвинта. Об'єм порожнин поступово зменшується. Пара, що міститься в парній порожнині, стискається, і її тиск підвищується. В той момент, коли парна порожнина з'єднується з нагнітальним вікном, відбувається процес нагнітання.

Унаслідок відсутності нагнітального клапана компресор має постійний ступінь стискання, обумовлений розмірами нагнітального вікна. При менших розмірах нагнітального вікна ступінь стискання збільшується.

4.2.2 Нуск і зунинення холодильного агрегату з гвинтовим компресором

Запускання агрегату із гвинтовим компресором можливе у напівавтоматичному режимі, коли температура масла не менше за 15 °С. Насоси води й холодоносія запускаються із закритою засувкою на нагнітання, яку потім повільно відкривають. В аміачній системі відкривають всі запірні вентиля (за винятком регулюючого вентиля й усмоктувального вентиля компресора), запускають аміачний насос.

Золотник компресора встановлюють у положення мінімальної продуктивності. Одночасно з пуском компресора відкривається вентиль подачі води в маслоохолоджувач. Після цього обертанням маховика переводять золотник у положення максимальної продуктивності. Відкривають усмоктувальний вентиль, знижують тиск у випарній системі. Повне відкриття усмоктувального вентиля можливе тільки при постійному

спостереженні за навантаженням на електродвигун. Перевищувати навантаження на електродвигун заборонено, щоб запобігти його виходу з ладу. При високому навантаженні на електродвигун зменшують продуктивність переміщенням золотника і тільки після цього повністю відкривають усмоктувальний вентиль, а потім регулюючий.

Робочий режим гвинтового агрегату відрізняється від режиму роботи холодильної установки з поршневым компресором тим, що в процесі стиснення пари гвинтовим компресором відбувається його охолодження за рахунок впорснутого масла. В результаті температура нагнітання гвинтового компресора значно нижче, ніж поршневого, і залежить не стільки від параметрів роботи установки, скільки від кількості й температури масла, що подається в компресор.

При зупиненні агрегату одночасно закривається соленоїдний вентиль і припиняється подача води в маслоохолоджувач, масляний насос вимикається. Усмоктувальний вентиль закривають перед зупиненням агрегату, нагнітальний – після зупинення.

Автоматично агрегат зупиняється при зниженні тиску всмоктування до 0,03–0,05 МПа; підвищенні тиску нагнітання до 1,4 МПа; зниженні різниці тисків масла до 0,1 МПа; підвищенні температури нагнітання до $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$; підвищенні температури масла до $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$; зниженні температури масла до 15°C ; підвищенні рівня холодоагенту у віддільнику рідини.

4.2.3 Експлуатація й регулювання холодонпродуктивності холодильного агрегату з гвинтовим компресором

Головною умовою надійного функціонування гвинтового компресора є відсутність рідкого холодильного

агента в робочій порожнині компресора при зупиненні роботи. За наявності рідини під час запускання можуть створюватися значні гідравлічні навантаження, здатні вивести з ладу підшипники компресора.

Таким чином, необхідно забезпечити спрямованість ліній подачі й усмоктування під певним кутом униз при їхньому виході з компресора. З огляду на низький рівень вібрації й малу пульсацію газу, лінії всмоктування й подачі можуть виконуватися без використання гнучких елементів або глушників. Проте трубки повинні мати певну еластичність для того, щоб впливати на компресор.

У холодильних установках великої холодопродуктивності рекомендується використовувати гвинтові компресори з зовнішніми сепараторами масла. Необхідно розташовувати сепаратор масла нижче рівня компресора (рис. 4.6) для забезпечення безперебійної подачі масла в компресор.

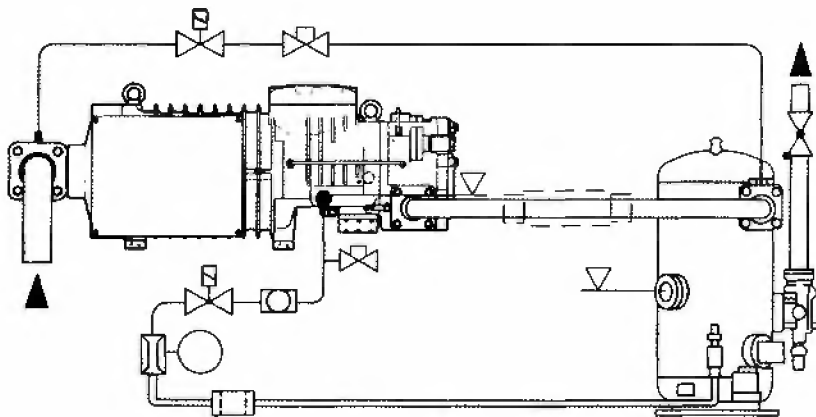


Рисунок 4.6 – Схема розташування зовнішнього сепаратора масла

У більшості гвинтових компресорів регулювання холодної потужності відбувається шляхом зміни

параметрів потоку газу з використанням відповідної системи регулювальних клапанів.

Регулювальні клапани дозволяють у постійному режимі змінювати холодильну потужність від 100 до 10% від номінального значення. Регулювальні клапани розташовуються на ділянці високого тиску. Їх завдання полягає в уповільненні початку процесу стиснення шляхом байпасування частини газу, що стискається, в бік усмоктування (рис. 4.7).

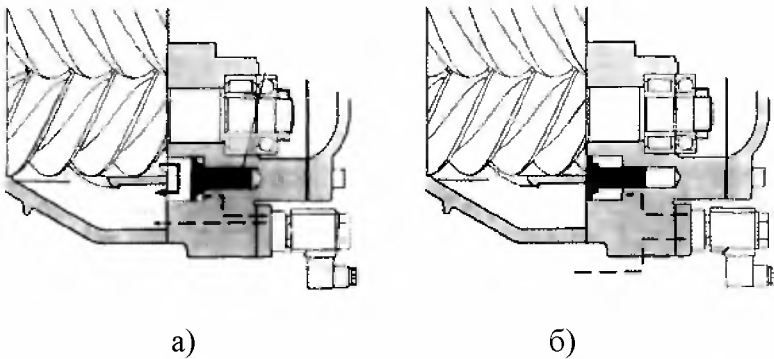


Рисунок 4.7 – Схема регулювання холодопродуктивності гвинтового компресора:

- а) функціонування із частковим навантаженням;*
- б) функціонування з повним навантаженням*

Регулювальні клапани виготовляють у двох варіантах:

1 Зі зміною конфігурації отвору випускання газу. У цьому типі клапанів холодильна потужність регулюється шляхом зміни конфігурації й положення отвору подачі. Завдяки цій особливості конструкції підтримується висока енергетична ефективність компресора при функціонуванні з частковим навантаженням.

2 Без зміни конфігурації отвору випускання газу. Зміна величини холодної потужності, але без зміни випускного отвору. Компресори з таким типом клапана

функціонують менш ефективно при часткових навантаженнях.

4.3 Експлуатація й робочі режими холодильних агрегатів зі спіральним компресором

4.3.1 Принцип дії спірального компресора

Спіральний компресор складається з інвольвентних або архімедових спіралей, ведучого вала з ексцентриком, корпусу й інших елементів для забезпечення заданого руху й правильної взаємодії деталей компресора.

Основними деталями конструкції є рухома й нерухома спіралі. Рухома спіраль робить ексцентрично-коливальний рух усередині нерухомої, при цьому холодоагент, захоплюваний з периферії спіралей, стискається порціями й рухається до центра, досягаючи максимального тиску при змиканні спіралей, після чого виштовхується через отвір у нерухомій спіралі. Спіралі не мають точок дотику, між ними зберігаються мінімальні зазори. Це обумовлює довговічність роботи спіралей, але разом із тим висуває тверді вимоги до точності виготовлення всієї конструкції.

Між спіралями утворюються дві (або більше) парні замкнуті порожнини з об'ємами, що змінюються при їх відносному русі. На рисунку 4.8 наведені три зовнішні порожнини 1, 2 й 3, заповнені паром і з'єднані з вікном нагнітання 4.

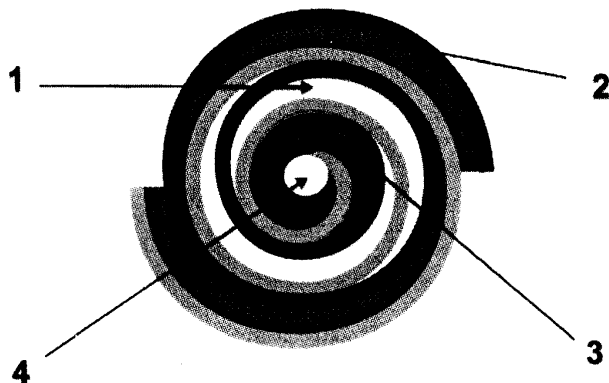


Рисунок 4.8 – Принцип дії спірального компресора:
 1 - область середнього тиску; 2 - область низького тиску;
 3 - область високого тиску; 4 - вікно нагнітання

Взаємні положення спіралей при нереміщенні рухомої спіралі по коловій орбіті через 90° наведені на рисунку 4.9. Робочий цикл спірального компресора здійснюється за один оберт (прохід) рухомої спіралі по своїй орбіті. При стисканні пари за рахунок відносного руху спіралей (верхня - рухома, нижня - нерухома) парові (газові) норожнини між двома складовими ностуново нереміщаються до центра двох спіралей, одночасно зменшуючись в об'ємі. Коли норожнина досягає центра спіралі, холодоагент, перебуваючи під високим тиском, винускається назовні через отвір, розташований у центрі. З кожним обертом спіралі всі різні ємності підлягають одночасному і у той самий час симетричному стисканню, створюючи дуже рівномірний процес, вільний від нульсації. Від фази всмоктування (на периферії спіралі) до фази нагнітання (у центрі) процес фактично ностійний.

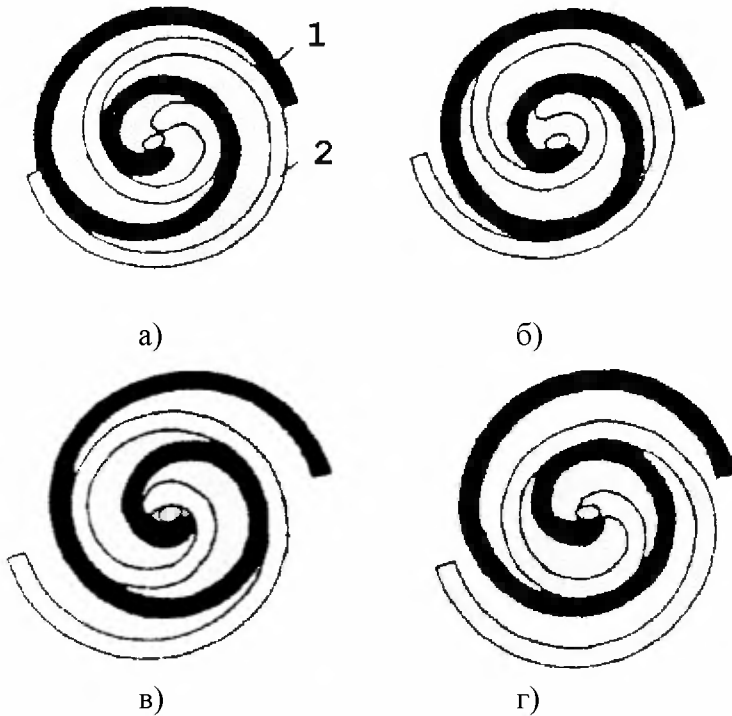


Рисунок 4.9 – Взаємне положення спіралей при переміщенні рухомої спіралі по коловій орбіті через 90° :
a) $\varphi=0^{\circ}$; б) $\varphi=90^{\circ}$; в) $\varphi=180^{\circ}$; г) $\varphi=270^{\circ}$

Розглянутий принцип роботи спірального компресора дозволяє йому мати такі відмінні від поршневого компресора характеристики:

- відсутність усмоктувального і нагнітального клапанів, що є важливою перевагою порівняно з поршневими компресорами;
- відсутність зниження тиску, викликаного роботою клапанів, і, як наслідок, підвищення енергетичної ефективності холодильного циклу;

- зниження загального рівня шуму через відсутність клапанів, що викликають удари по робочій поверхні клапанної дошки;
- відсутність мертвого простору, у результаті чого об'ємна продуктивність наближається до 100 %.

Спіральні компресори запускаються без навантаження, навіть коли тиск у контурі не вирівняний. Це можливо при використанні зворотного клапана на лінії нагнітання компресора. Клапан закритий при непрацюючому компресорі. В цьому випадку в картері компресора перебуває стиснутий газ, що пройшов через спіралі компресора. В результаті відбувається вирівнювання внутрішнього тиску. Коли компресор зупинений, обидві спіралі розділені.

При повторному запуску компресор не перебуває під навантаженням, тому що тиск зростає поступово, і тільки коли він перевищує тиск у нагнітальній лінії, клапан відкривається й безперервність контуру відновлюється. Тому навантаження на електродвигун при пуску мінімальні, тим самим збільшується строк експлуатації компресора. Стартові характеристики також високі при низькій напрузі в однофазному електродвигуні, що може бути використаний без стартового конденсатора або реле. Ще одна перевага спіральних компресорів - низький рівень вібрацій під час роботи, в результаті чого відбувається рівномірне всмоктування й стискування пари. Крім того, при з'єднанні холодильного контуру з компресором вібрація значно зменшується, що також збільшує строк експлуатації холодильної системи в цілому.

До недоліків спіральних компресорів відносять:

- високий технологічний рівень виробництва спіралей компресора;

- більш складний газодинамічний розрахунок із урахуванням складної системи діючих сил - осьових, тангенціальних, відцентрових.

4.3.2 Пуск і зупинення спірального компресора

Нормальний пуск компресора супроводжується характерним металевим звуком унаслідок початкового зіткнення спіралей. Для однофазних електродвигунів компресорів не потрібні допоміжні пристрої для пуску. Завдяки конструкції спіралей пуск компресора завжди здійснюється без навантаження, навіть якщо тиск у системі не врівноважено.

Небезпеці появи глибокого вакууму запобігає захисний пристрій, що припиняє роботу компресора (знижує тиск), коли ступінь збільшення тиску перевищить значення 10.

При використанні однофазних електродвигунів короточасні перебої в подачі електроживлення протягом менш, ніж 0,5 секунди можуть призвести до зміни напрямку обертання компресора. Це відбувається в результаті розширення газу, який перебуває під високим тиском, у зворотному напрямі через спіралі при порушенні живлення, що змушує рухатися спіраль по орбіті у зворотному напрямі. Якщо компресор почав обертатися у зворотному напрямі, при відновленні живлення компресор буде працювати у зворотному напрямі, створюючи при цьому підвищений рівень шуму протягом декількох хвилин доти, поки не спрацює його внутрішній захисний пристрій. Такі явища не впливають на довговічність компресора. При спрацьовуванні захисного пристрою компресор увімкнеться й буде нормально працювати.

У зв'язку з тим, що спіральні компресори не мають внутрішніх усмоктувальних або динамічних нагнітальних клапанів, які можуть бути ушкоджені, немає необхідності

виконувати функціональну перевірку компресора, при якій компресор вмикається із закритим усмоктувальним вентиляем. Це потрібно для перевірки максимально низького тиску всмоктування компресора, що може бути досягнуто.

У зв'язку з тим, що спіральний компресор є також газовим детандером, він короткочасно в момент вимикання може працювати у зворотному напрямі в міру вирівнювання внутрішніх тисків. При цьому виникає звичайний рівень шуму. Зворотний клапан з боку нагнітання компресора запобігає роботі компресора у зворотному напрямі протягом більше однієї секунди. Така миттєва зміна напрямку не впливає на довговічність компресора і вважається цілком нормальною.

4.3.3 Регулювання холодопродуктивності

Розрізняють такі способи регулювання холодопродуктивності холодильної машини зі спіральним компресором:

- 1) "пуск-зупинення";
- 2) дроселювання;
- 3) байпасування;
- 4) зміна частоти обертання електродвигуна .

Для холодильних компресорів малої холодопродуктивності широке застосування знайшов спосіб періодичного пуску й зупинення компресора. Цей спосіб досить простий, надійний, не вимагає додаткових витрат, до того ж енергетично він найбільш економічний. Однак цей спосіб має недоліки:

- підвищене зношування компресора через порушення режиму змазування, особливо за наявності підшипників ковзання;
- менша точність підтримування регульованих параметрів;

- зі зростанням холодильної потужності може виникнути обмеження щодо кількості вмикань електродвигуна.

При використанні цього способу, як правило, застосовується розвантаження привода компресора при пуску.

Дроселювання застосовують у тих випадках, коли потрібне плавне й досить точне регулювання, якщо енергетичні втрати допустимі. Даний спосіб доцільний для компресорів, що працюють у досить вузькому діапазоні тисків кипіння холодоагенту. При використанні дросельних регуляторів варто обмежувати глибину регулювання для того, щоб виключити неприпустиме зниження тиску всмоктування й перегрів компресора.

Байпасування, як найменш енергетично ефективний спосіб, використовують у тих випадках, коли інші з тих або інших причин не можуть застосовуватися. У деяких випадках виявляється доцільним використання комбінації двох або декількох способів зміни холодопродуктивності.

Ступінчаста зміна швидкості обертання електродвигуна застосовується, коли спосіб "пуск-зупинення" непридатний. Плавну зміну швидкості обертання через складність і високу вартість устаткування застосовують тільки в тих випадках, коли ставлять підвищені вимоги до точності регулювання.

Спіральний компресор "Copeland" здатний безперебійно працювати в різних несприятливих умовах (залежить від компонування й умов експлуатації системи) завдяки двом видам узгодження: осьовому та радіальному.

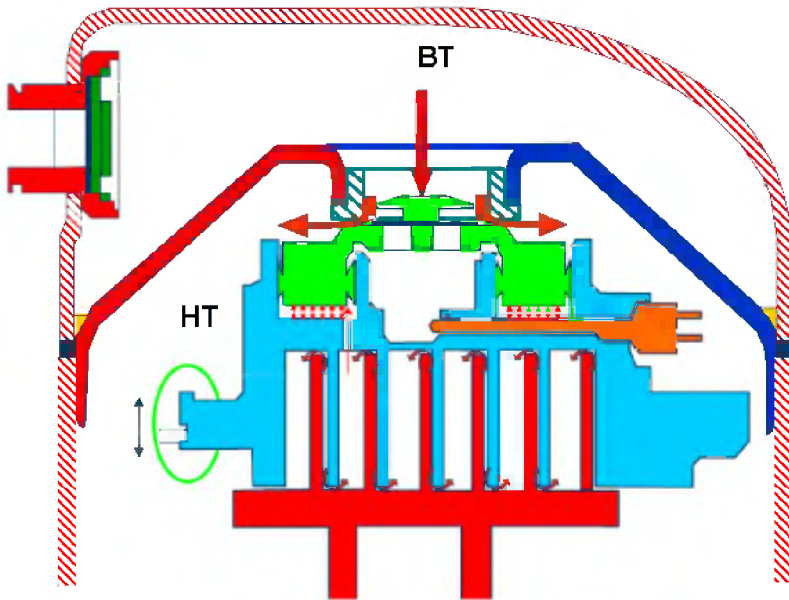


Рисунок 4.10 – Осьове узгодження: розвантаження плаваючого ущільнення при ступені стиску $\gg 20$:

HT – область низького тиску;

BT – область високого тиску

Осьове узгодження (рис. 4.10) дозволяє механічним частинам (спіралям і підшипникам) розвантажуватися у випадку дуже високого ступеня стиснення (вище ніж 20:1).

– 1-а ступень: розвантаження спіралей створює внутрішній частковий байпас стисненого газу в область низького тиску поверх торців спіралей;

– 2-а ступень: розвантаження плаваючого ущільнення.

Плаваюче ущільнення підходить до положення, близького до зупинки. Байпас повний, минаючи спіральний блок. Ця система розвантаження самоналагоджується: механічні частини повертаються в положення нормальної роботи, як тільки ступінь стиснення становиться нижче 20.

Радіальне узгодження дозволяє обертовій спіралі контактувати з нерухомою під час роботи компресора; до початку роботи бічні поверхні спіралей не стикаються одна з одною. У випадку затоплення рідиною або влучення механічних частин дозволяє обертовій і нерухомій спіралям роз'єднуватися в горизонтальному напрямі (рис.4.11).

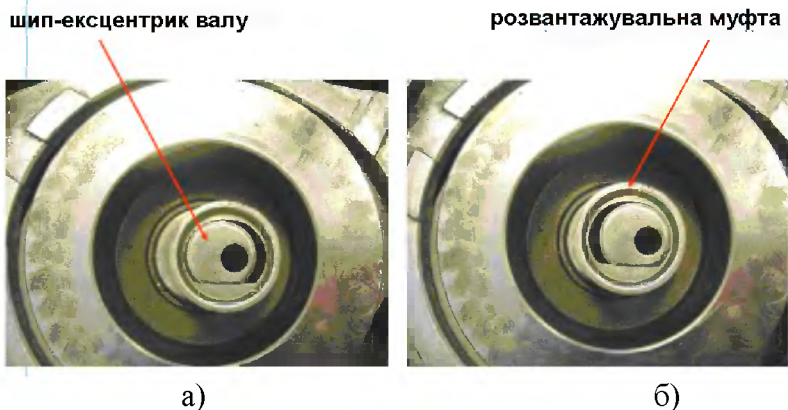


Рисунок 4.11 – Радіальне сполучення. Вигляд зверху при знятих спіралях:

а – нормальне положення;

б – положення при розвантаженні

4.4 Підтримування оптимальних режимів роботи холодильної установки

У процесі регулювання роботи холодильної установки необхідно дотримуватися оптимального режиму роботи установки, обумовленого оптимальними перепадами температур між середовищами в теплообмінних апаратах, оптимальним перегрівом пари на всмоктувальному боці компресора і т.п [26].

Підтримка оптимальних перепадів температур у теплообмінних апаратах сприяє підтримці економічних та енергетичних показників роботи установки.

При зменшенні температурних перепадів між середовищами в теплообмінних апаратах знижуються енергетичні витрати через скорочення зовнішньої необоротності термодинамічного циклу. Однак при цьому зростають капітальні витрати на холодильне устаткування за рахунок збільшення площі теплообмінної поверхні.

Оптимальні перепади температур залежать від конкретних умов роботи. Наприклад, у транспортних холодильних установках, де важлива компактність устаткування, свідомо збільшують перепади температур. При розрахунку камерного теплообмінного устаткування враховують технологічні вимоги.

Основні показники роботи холодильної установки - холодопродуктивність; витрата електроенергії, витрата води - залежать від температурного режиму роботи холодильної установки.

Температура кипіння. Перепад температур між повітрям охолоджуваного об'єкта й температурою кипіння (або середньою температурою холодоносія) беруть таким, що дорівнює 7–10 °С. У випарниках для охолодження холодоносіїв різниця температур між охолоджуваним холодоносієм і температурою кипіння холодоагенту 4–6 °С. У процесі експлуатації величина температурного напору у випарниках може змінюватися залежно від стану теплообмінної поверхні, ступеня заповнення випарника холодоагентом і відповідності між продуктивністю випарника й компресора.

Температура конденсації. Вода підігривається в кожухотрубних конденсаторах до 4–6 °С, у зрошувальних – до 2–3 °С. Температура конденсації повинна перевищувати температуру води, що виходить із

конденсатора, на 4–6 °С. У конденсаторі повітряного охолодження повітря підігрівається до 4–5 °С, перепад температур між повітрям на виході з конденсатора й холодоагентом, що конденсується, 9–12 °С.

Перегрів пари, що всмоктується в компресор.

Різниця між температурою пари, що надходить у компресор, і температурою кипіння, тобто перегріву пари, залежить від кількості рідкого холодоагенту, що надходить у випарну систему. Для аміачних компресорів перегрів пари на всмоктуванні в компресор у межах 5–15 °С забезпечує сухий хід і максимальне значення коефіцієнта подачі компресора. Для хладонових – мінімальний перегрів пари повинен бути не менше 10 °С. Термометр, за допомогою якого вимірюють температуру всмоктуваної в компресор пари, встановлюють на всмоктувальному трубопроводі на відстані не менше 400-600 мм перед запірним вентилем компресора. Одночасно за температурною шкалою, мановакуумметром, розташованим на боці всмоктування компресора, визначають температуру кипіння холодоагенту.

При недостатній подачі рідини у випарну систему й недостатньому заповненні приладів охолодження холодильної установки перегрів зростає. Зниження величини перегріву на боці всмоктування в компресор може призвести до вологого ходу і гідравлічного удару.

Температура переохолодження.

Рідкий холодоагент може охолоджуватися нижче температури конденсації в конденсаторах, переохолоджувачах, регенеративних теплообмінних проміжних сосудах. Переохолодження холодоагенту перед регулюючим вентилем викликає збільшення холодопродуктивності.

Температура пари, що нагнітається в компресор.

Температура пари, що нагнітається не повинна перевищувати рекомендовані граничні значення температур, наведених у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Допустима температура пари

Тип компресора	Температура, °C
1 Ам'ячний безкрейцкопфний або опозитний	150
2 Ам'ячний поршневий горизонтальний	135
3 Ам'ячний гвинтовий	105
4 Всі типи компресорів, що працюють на фреонах	50 – 90

Висока температура нагнітання може призводити до виникнення нагару на клапанах чи до вигорання масла в компресорі.

4.5 Основні контрольно-вимірювальні прилади й автоматика

Прилади автоматичного регулювання і контролю процесів, що відбуваються при роботі холодильної установки, призначені для забезпечення безпечної експлуатації установки та підвищення ефективності її роботи. Економічність експлуатації підвищується головним чином за рахунок зменшення витрат на обслуговування холодильної установки [28].

Реле температури

діє на систему важелів контактної групи та замикає контакт для увімкнення компресора у роботу. Зусилля стиснення пружини установки регулюється гвинтом-задавачем. Налаштування приладу контролюється за положенням стрілки шкали установки. Чим сильніше стиснута пружина установки (стрілка встановлена у нижній частині шкали), тим більший тиск необхідний з боку сильфона для повороту основного важеля за годинниковою стрілкою. Таким чином, замикання контактів приладу буде відбуватися при більшій температурі об'єкта, що контролюється.

В процесі монтажу реле температури при виборі місця для установки датчика потрібно стежити за тим, щоб повітря мало можливість вільно циркулювати поблизу чутливого елемента. Наприклад, при регулюванні температури зворотного повітря датчик не повинен мати контакту з випарником.

Датчики температури поверхні можна встановлювати:

- 1) на трубопроводі;
- 2) між ребрами випарника;
- 3) у зануреній трубці (гільзі).

Кріплення довгих капілярних трубок показано на рисунку 4.13.

У випадку вібрації занадто довга капілярна трубка може зруйнуватися, в результаті чого відбудеться витік холодоагенту. Тому при кріпленні капілярних трубок потрібно строго дотримуватися таких правил:

1) При монтажу безпосередньо на компресорі необхідно закріплювати трубку таким чином, щоб вона вібувала разом з ним. Надлишок трубки згортають у кільце.

2) При інших способах монтажу необхідно згорнути надлишок трубки у вільну петлю. На компресорі

закріплюють ту частину трубки, що приєднується до компресора. Іншу частину трубки разом з петлею закріплюють на опорі реле температури.

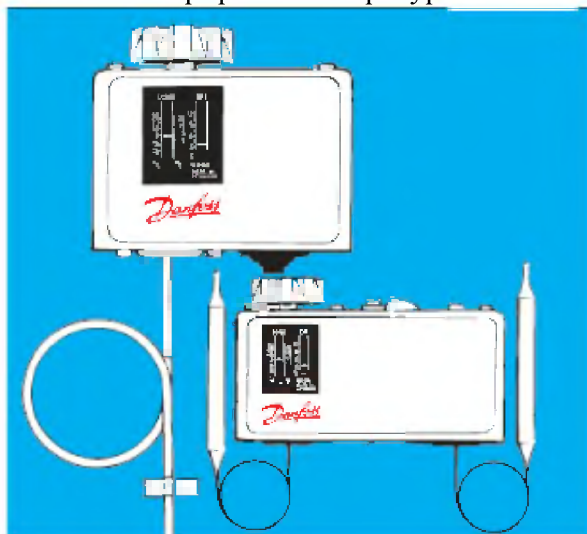


Рисунок 4.13 – Кріплення капілярних трубок

Реле тиску

Залежно від призначення виділяють реле низького тиску, високого тиску та двоблокове реле.

Пряме спрацювання реле низького тиску (рис. 4.14) (розмикання контакту) відбувається при зниженні тиску, що контролюється до величини, встановленої на шкалі установки. Оборотно спрацювання (замикання контакту) відбувається при підвищенні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала.

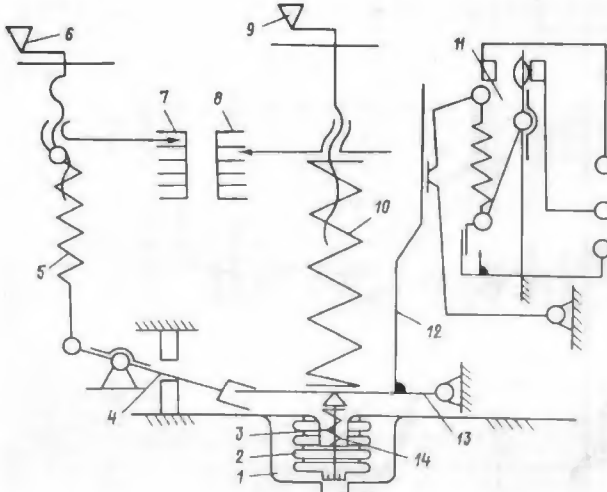


Рисунок 4.14 – Принципова схема реле низького тиску:
 1-корпус сильфона; 2-сильфон; 3-товкач; 4-вилка диференціала;
 5-пружина диференціала; 6-гвинт-задавач диференціала; 7-шкала
 диференціала; 8-шкала установки; 9-гвинт-задавач установки;
 10-основна пружина установки; 11-вузол перемикання контакту;
 12-плече основного важеля; 13-основний важіль; 14-пружина

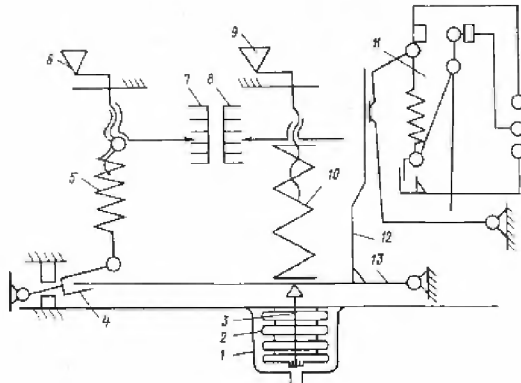


Рисунок 4.15 – Принципова схема реле високого тиску:
 1-корпус сильфона; 2-сильфон; 3-товкач; 4-вилка диференціала;
 5-пружина диференціала; 6-гвинт-задавач диференціала; 7-шкала
 диференціала; 8-шкала установки; 9-гвинт-задавач установки;
 10-основна пружина установки; 11-вузол перемикання контакту;
 12-плече основного важеля; 13-основний важіль; 14-пружина

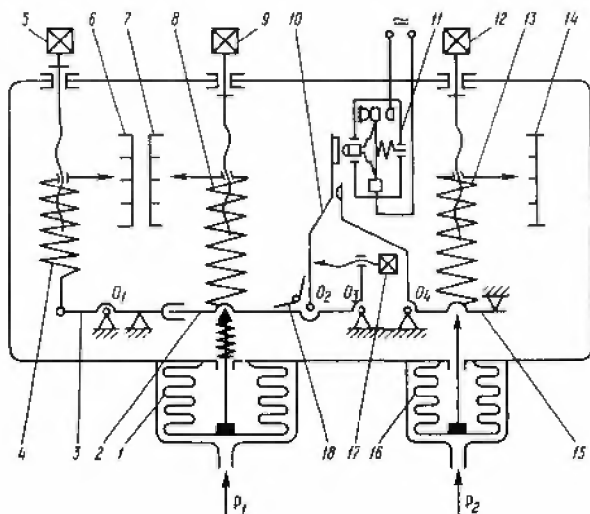


Рисунок 4.16 – Принципова схема двоблокового реле тиску:

1-сильфон низького тиску; 2-основний важіль низького тиску; 3-вилка диференціала; 4-пружина диференціала; 5-гвинт-задавач диференціала; 6-шкала диференціала; 7-шкала установки низького тиску; 8-пружина установки низького тиску; 9-гвинт-задавач установки низького тиску; 10-плече основного важеля вузла низького тиску; 11-мікроперемикач; 12-гвинт-задавач установки високого тиску; 13-пружина установки високого тиску; 14-шкала установки високого тиску; 15-двоплечовий важіль; 16-сильфон високого тиску; 17-гвинт заводського налаштування; 18-допоміжна пружина; $O_1 - O_4$ – осі обертання

Двоблокове реле тиску (рис. 4.16) у своєму складі містить вузли низького та високого тиску. Вузол низького тиску устаткований та працює аналогічно до одноблокового реле низького тиску. Вузол високого тиску має нерегульований диференціал. При взаємодії на сильфон високого тиску двоплечовий важіль вузла високого тиску повертається проти годинникової стрілки і відсуває від кнопки мікроперемикача плече важеля низького тиску. Основний важіль вузла низького тиску може залишатися в піднятому положенні, а його плече

буде відсунуте від мікроперемикача пружиною заводського налаштування. При зниженні високого тиску двоплечовий важіль переміщується за годинниковою стрілкою та припиняє запобігати замиканню контакту плечем вузла низького тиску.

Реле тиску встановлюються на кронштейнах або плоских поверхнях (рис. 4.17). Можна також установлювати їх безпосередньо на компресорі.

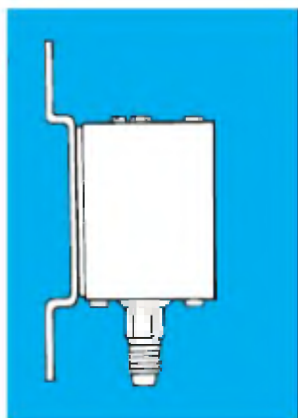


Рисунок 4.17 – Спосіб монтажу реле тиску

Реле тиску варто монтувати таким чином, щоб виключати влучення рідини в сильфон. Така небезпека особливо велика, якщо:

- 1) прилад установлений у приміщенні з холодним повітрям, наприклад, у потоці холодного повітря;
- 2) з'єднання приладу з трубопроводом виконано в нижній частині трубопроводу.

Скупчення рідини в сильфоні може порушити роботу реле високого тиску. Крім того, пульсації тиску, створювані компресором, не будуть гаситись, і реле почне вібрувати.

У випадку вібрації занадто довга капілярна трубка може зруйнуватися, у результаті чого відбувається витік холодоагенту. Тому при кріпленні капілярних трубок потрібно суворо дотримуватися таких правил: при монтажу безпосередньо на компресорі необхідно закріплювати трубку таким чином, щоб вона вібривала разом з ним. Надлишок трубки необхідно згорнути в кільце.

Реле контролю змащування

При рівності тисків на верхній та нижній сильфони основний важіль знаходиться в нижньому положенні, оскільки зверху на нього діє зусилля пружини установки (рис. 4.18). Плече основного важеля не діє на контактну групу. Основний контакт розімкнутий. Пуск компресора або насоса можливий тільки при зовнішньому замиканні контактів, що, як правило, впроваджується за рахунок вмикання в електричну схему реле часу.

Реле повинно розімкнути свої контакти через 45-60 секунд після пуску. При підвищенні різниці тисків середовища, що контролюється, тиск на нижній сильфон стає вище, ніж на верхній. Це призводить до стискування нижнього сильфона та розтягнення верхнього, оскільки вони жорстко пов'язані один із одним опорою та штоком. Основний важіль піднімається вгору, переборюючи опір пружини установки, і його плече, діючи на контактну групу, замикає основний контакт та розмикає додатковий контакт сигналізації. Якщо до часу розмикання зовнішніх контактів реле не пройде замикання основного контакту приладу, то компресор або насос, що працює, зупиняться.

В процесі роботи компресора або насоса різниця тисків, що контролюється, повинна підтримуватися постійно. При зниженні різниці тисків, які контролюються, до величини, встановленої на шкалі приладу, відбувається

розмикання його контакту та зупинення механізму, що контролюється.

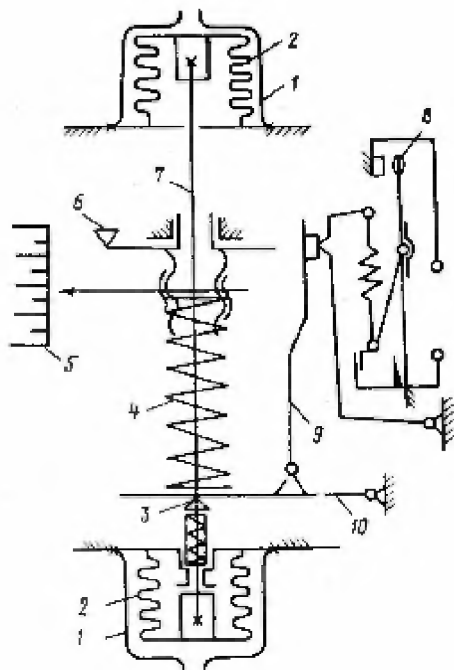


Рисунок 4.18 – Принципова схема реле контролю змащення:

1-корпус сильфона; 2-сильфони; 3-ножна опора; 4-пружина установки; 5-шкала різниці тисків; 6-задавач установки; 7-шток; 8-вузол перемикання контактів; 9-плече основного важеля; 10-основний важіль

Поплавкове реле рівня

Реле складається з первинного перетворювача ППР (датчика) та електронного приладу ЕП (блока-підсилювача) згідно зі схемою на рисунку 4.19. Датчик являє собою поплавкову камеру з паровим та рідинним патрубками, за допомогою яких він приєднується до посудини С, в якій контролюється рівень рідини. У

поплавковій камері знаходиться сферичний сталевий поплавков, що має необхідну плавучість в середовищі, що контролюється. Положення поплавка точно відповідає рівню рідини в посудині. На зовнішньому боці поплавкової камери знаходяться котушки L_1 та L_2 , індуктивність яких залежить від положення поплавка; при верхньому його положенні збільшується індуктивність котушки L_1 , а при нижньому – L_2 . Котушки індуктивності ввімкнені в чотириплечовий міст із резисторами R_1 та R_2 , живлення яких здійснюється змінним струмом.

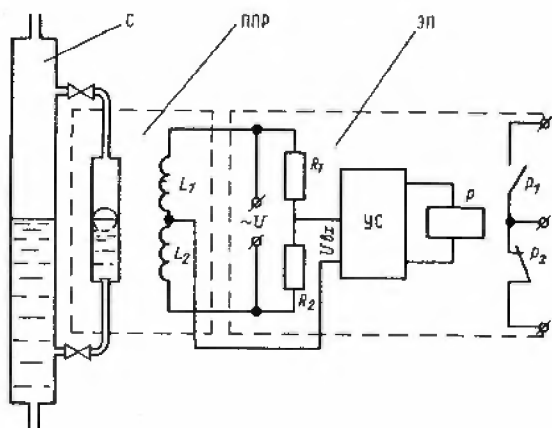


Рисунок 4.19 – Принципова схема поплавкового реле рівня типу ПРР-5

У середньому положенні міст врівноважений та вхідна напруга підсилювача $УС$ дорівнює 0. При будь-якому відхиленні поплавка від середнього положення до підсилювача підводиться напруга дисбалансу, що призводить до переключення вхідних контактів приладу, які використовуються для керування виконавчими та сигнальними пристроями.

Терморегулюючий вентиль (ТРВ)

Терморегулюючий вентиль (рис. 4.20) призначений для автоматичної подачі у випарник такої кількості холодильного агенту, яка забезпечує оптимальну величину перегріву на всмоктуванні компресора. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни перегріву пари в усмоктувальному трубопроводі.

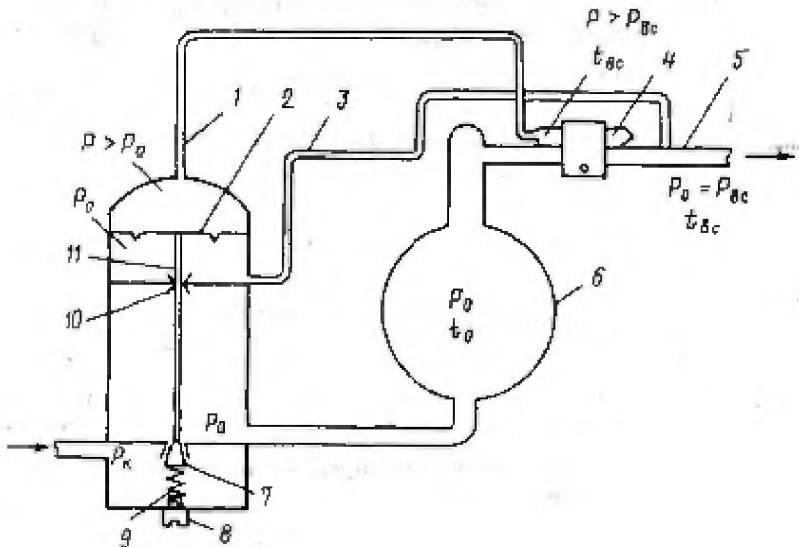


Рисунок 4.20 – Принципова схема ТРВ:

- 1-капілярна трубка; 2-мембрана; 3-вирівнювальна трубка;
- 4-термобалончик; 5-усмоктувальний трубопровід; 6-випарник;
- 7-клапан приладу; 8-гвинт регулювання перегріву; 9-пружина;
- 10-сальник; 11-шток

Принцип дії ТРВ полягає в тому, що холодильний агент подається з лінійного ресивера під клапан ТРВ, що знаходиться поблизу від випарника. Після дроселювання в клапані холодильний агент подається у випарник. Ступінь відкриття ТРВ залежить від величини перегріву пари у всмоктувальному трубопроводі.

Температура перегрітої пари вище за температуру кипіння. Цю ж температуру має і термобалончик, що заповнений парорідинною сумішшю, а не перегрітим паром, тиск у ньому встановлюється вищим за тиск кипіння. Тиск діє на мембрану зверху. Клапан ТРВ відкривається тоді, коли є різниця тисків. У холодильних установках високої холодопродуктивності використовують ТРВ із зовнішнім вирівнюванням через вирівнювальну трубку.

За відсутності перегріву, коли у всмоктувальному трубопроводі має місце волога пара, температура та тиск у випарнику, в усмоктувальному трубопроводі та термобалончику приладу однакові. Тиск на мембрану зверху та знизу однаковий. Клапан ТРВ закритий зусиллям пружини.

При зменшенні подачі холодильного агенту у випарник пар у всмоктувальному трубопроводі перегрівається. При цьому його тиск залишається таким, що дорівнює тиску кипіння. Цей тиск передається в підмембранну порожнину ТРВ через вирівнювальну трубку. Тиск на мембрану зверху залежить від температури холодоагенту в термобалончику, що визначає ступінь відкриття ТРВ.

Оскільки ТРВ є приладом плавного регулювання, відкриття його клапана при стаціонарному режимі роботи відбувається в конкретному положенні. При зупиненні компресора клапан ТРВ закривається внаслідок того, що перегрів пари при цьому відсутній.

ТРВ встановлюється перед випарником на рідинному трубопроводі, а термобалон кріпиться на трубопроводі лінії всмоктування якнайближче до випарника.

При використанні лінії зовнішнього вирівнювання її трубопровід урізається в усмоктувальну магістраль відразу після термобалона (рис. 4.21).

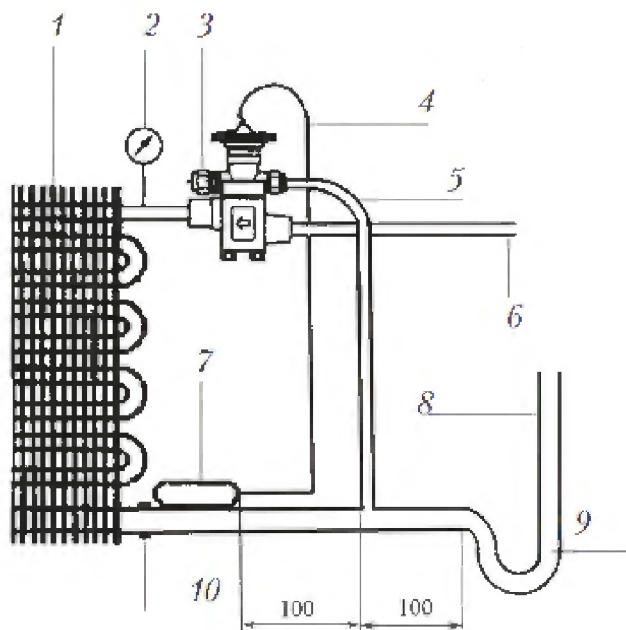


Рисунок 4.21 – Схема монтажу ТРВ:

*1 – випарник; 2 – манометр; 3 – регулюючий гвинт;
4 – капілярна трубка термобалона; 5 – вирівнювальна трубка;
6 – рідинна магістраль; 7 – термобалон;
8 – газова магістраль; 9 – маслопідіймальна петля;
10 – місце спаювання трубопроводу*

Розміщення термобалона залежить від діаметра трубопроводу всмоктування (рис. 4.22)

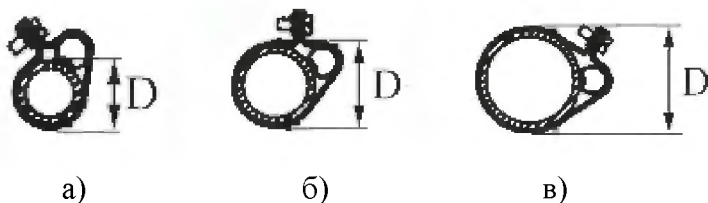


Рисунок 4.22 – Схема розміщення термобалона ТРВ на трубопроводі: а) при $D=12...16\text{мм}$; б) при $D=18...22\text{мм}$; в) при $D=25...35\text{мм}$.

Не можна встановлювати термобалон знизу труби або на маслопідіймальній петлі, тому що масло, що перебуває там, спотворює реальну температуру газу.

Зміцнювати термобалон треба тільки за допомогою спеціального хомута, доданого в комплекті з ТРВ. Застосування іншого кріпильного матеріалу категорично забороняється через деформацію температурного поля й можливості ослаблення контакту термобалона з трубопроводом. Кріпильний хомут повинен бути затягнутий настільки, щоб термобалон не можна було повернути рукою.

Термобалон не можна розташовувати на місці пайки трубопроводу. Термобалон повинен бути ретельно теплоізований, щоб зовнішнє повітря не впливало на роботу ТРВ. Перед установленням термобалона на трубопроводі місця прилягання повинні бути ретельно очищені. Бажано на місце прилягання нанести теплопровідну пасту. Вирівнювальна труба ТРВ повинна підходити до трубопроводу зверху та встановлюватись на відстані 100 мм від термобалона.

Відстань від вирівнювальної трубки до маслопідіймальної петлі повинна бути не менше ніж 100 мм.

4.6 Контрольні занитання

- 1 Типи поршневих холодильних компресорів.
- 2 Особливості пуску аміачної холодильної машини.
- 3 Особливості пуску хладонової холодильної машини.
- 4 Перелічіть способи регулювання холодильної машини з поршневим компресором.
- 5 Особливості процесу пуску та зупинення гвинтового компресора.
- 6 Основні способи регулювання агрегату з гвинтовим компресором.
- 7 Принцип дії спірального компресора.
- 8 Відмінні характеристики спірального та поршневого компресорів.
- 9 Основні переваги та недоліки спірального компресора.
- 10 Процес пуску та зупинення спірального компресора.
- 11 Основні способи регулювання агрегату зі спіральним компресором.
- 12 Яким чином забезпечується підтримка оптимальних режимів роботи холодильної установки?
- 13 Основні контрольно-вимірювальні прилади й автоматика холодильної установки.

Розділ 5 ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОПАСОСНИХ УСТАНОВОК БЛОЧНО-КОПТЕЙПЕРНОГО ТИПУ

Монтаж теплових насосів (ТН) заводської комплектації у вигляді блочно-контейнерних виробів передбачає встановлення зв'язків випарника з генераторами низькопотенційної теплоти та конденсатора з комунікаціями системи тепlopостачання [13, 18, 24, 29, 30].

В цьому розділі розглядаються питання монтажу та експлуатації теплових насосів, що призначені для моновалентного підігріву води в опалювальних системах та системах гарячого водopостачання (ГВП). Залежно від виду генератора низькопотенціальної теплоти розглядаються такі типи теплових насосів:

- повітряно-водяні;
- розсільно-водяні;
- водо-водяні.

5.1 Повітряно-водяна теплонасосна установка

Повітряно-водяні теплонасосні установки за видами монтажу поділяють на теплові насоси для внутрішнього та для зовнішнього встановлення.

5.1.1 Тепловий насос для внутрішнього встановлення

Подібні теплові насоси (ТН) не можна встановлювати в житловій зоні будівлі, тому що можливе виділення конденсату в приміщеннях із високою вологістю повітря, в повітряних каналах та особливо в стінових прорізах. Необхідно встановлювати теплові насоси в неопалюваних приміщеннях (підвали, гаражі, технічні приміщення). Підведення повітря повинен забезпечувати

мінімальний аеродинамічний опір або величини, обумовлені в технічних умовах. Рекомендується при відведенні повітря передбачати не більше ніж двоє колін під кутом 90^0 . Більшість фірм-виробників теплових насосів пропонують свої варіанти стандартних установок та всі з'єднувальні елементи підведення та відведення повітря, що постачаються за згодою сторін.

З вимог до приміщення, де встановлюється тепловий насос, можна відмітити забезпечення нормального стікання конденсату в каналізаційну систему. Трубка відведення конденсату повинна мати діаметр не менше, ніж 50мм. Приміщення зі встановленим у ньому тепловим насосом повинне вентилюватися навколишнім повітрям для запобігання утворенню конденсату.

Якщо стінові прорізи повітряних каналів для всмоктування або скидання повітря лежать нижче рівня поверхні землі, рекомендується підведення повітря через обтічні пластмасові світлові шахти. У бетонних шахтах повинні встановлюватися повітряні дефлектори.

Для огороження стінових прорізів, які розміщені вище рівня поверхні землі, встановлюються захисні решітки, які захищають повітряні канали від погодних умов. Вони кріпляться до стіни ззовні незалежно від виду підведення повітря, що використовується.

Захисні решітки, розроблені спеціально для теплових насосів (спеціальні аксесуари), дають значно меншу втрату тиску, ніж звичайні захисні решітки. Вони застосовуються як на боці всмоктування, так і на боці скидання повітря. Для захисту від дрібних тварин і листя між стіною та захисними решітками повинна розміщуватися дротяна сітка. Вільний перетин сітки повинен становити не менше ніж 80%.

Для запобігання охолодженню кладки огородження, або насичення її вологою стінові прорізи обов'язково закриваються тепловою ізоляцією (рис. 5.1).

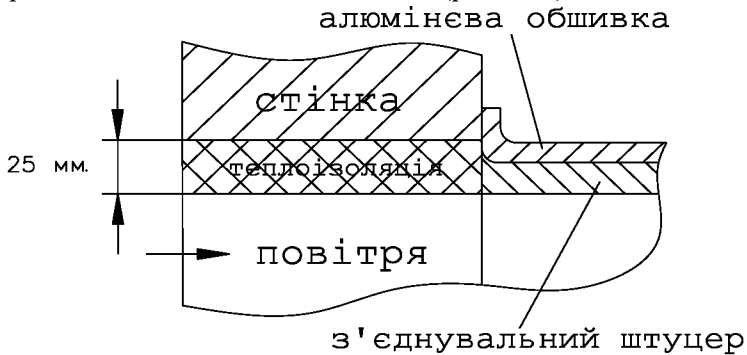


Рисунок 5.1 – Приклад виконання стінового прорізу

Для повітряно-водяних теплових насосів для підведення повітря можуть використовуватися гнучкі шланги. Комплект повітряного шланга призначений для використання у приміщеннях із низькою температурою та малою вологістю повітря. Він складається з 5-метрового тепло- і звукоізованого повітряного шланга, що може бути довільно поділений для боку всмоктування та боку скидання. Всмоктування та скидання повітря можуть здійснюватися через світлову шахту або через ізований стіновий проріз. Перевага шлангів полягає в можливості індивідуального приєднання за місцем з простою та швидкою компенсацією різниць за висотою та довжиною. Крім того, повітряні шланги мають тепло- і звукоізолюючі властивості та запобігають охолодженню приміщення, де встановлено установку.

На рисунку 5.2 наведений вигляд комплекту шланги повітряного каналу.

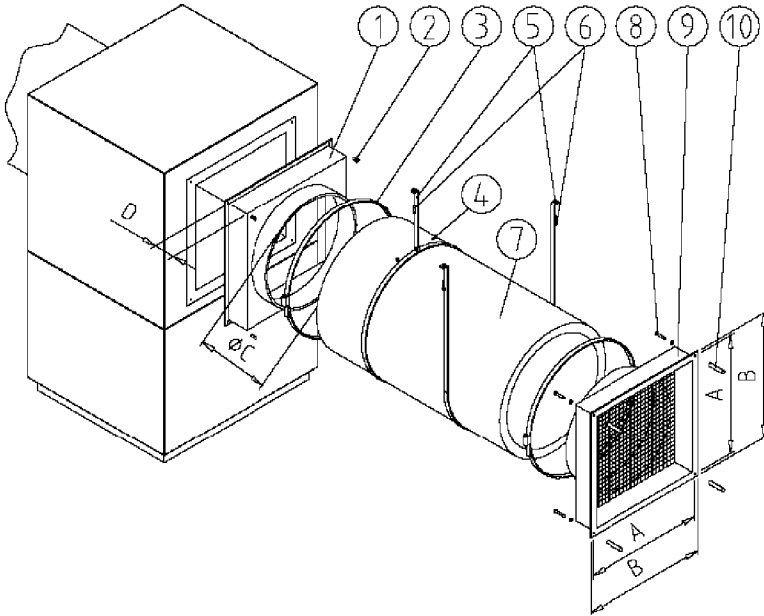


Рисунок 5.2 – Набір шланги повітряного каналу:
 1-штуцер приєднання до теплового насоса; 2-болт;
 3-стяжний хомут; 4-болт; 5-перфорована стрічка;
 6-дюбель; 7-сполучний шланг; 8-шуруп; 9-штуцер;
 10- дюбель

У таблиці 5.1 наведені розміри набору шланги відповідно до рисунка 5.2.

Таблиця 5.1 – Розміри набору шланги

Розмір, мм	Dy 500	Dy 630
A	560	652
B	585	670
ØC	495	625
D	100	100

Завдяки внутрішній ізоляції з мінеральної вати та проклеєної склотканини виключається відпотівання та досягається помітне зниження передачі шуму.

На рисунку 5.3 наведена монтажна схема з зазначеними каналами.

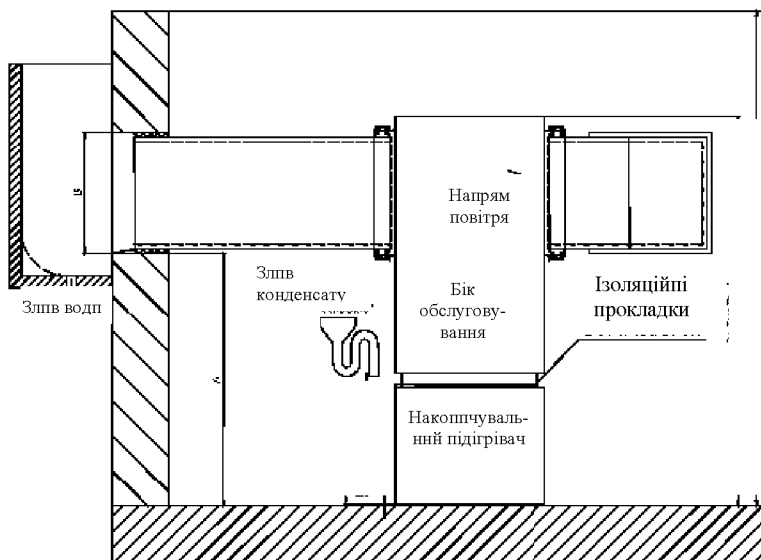


Рисунок 5.3 – Повітряно-водяний тепловий насос із повітряними каналами і нижнім накопичувачем

Фасонні деталі відповідно до габаритного креслення зміцнюють у стіновому прорізі звичайною будівельною піною. Попередньо доцільно встановити деталь каналу в необхідне положення за допомогою тимчасової підставки, наприклад, із дерева.

При організації підведення повітря необхідно дотримуватись необхідної мінімальної відстані між тепловим насосом і стінами (рис. 5.4).

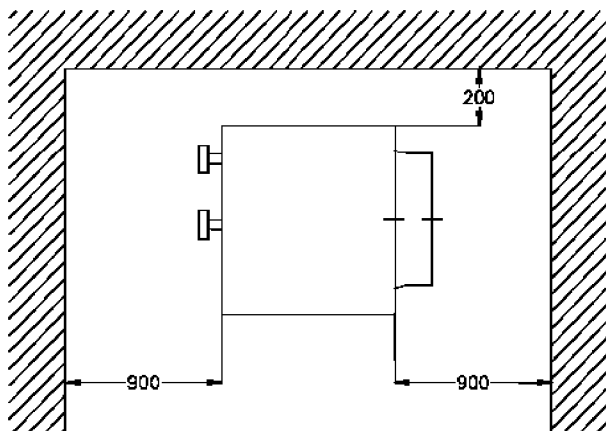


Рисунок 5.4 – Мінімальні відстані для монтажу повітряно-водяного теплового насоса для внутрішнього встановлення

Існуючі повітряні канали можуть бути скорочені або підігнані на будівельному майданчику з застосуванням набору, наявного як приладдя. Отримані крайки змазуються клейкою пастою та окантовуються оцинкованим U-подібним профілем.

Ущільнювальна манжета застосовується для ущільнення каналу з бетону, армованого стекловолоконном, відносно теплового насоса. Самі повітряні канали не пригвинчуються безпосередньо до теплового насоса. У робочому положенні до теплового насоса доторкається тільки ущільнювальна гума. Завдяки цьому, з одного боку, забезпечується легкість монтажу та демонтажу теплового насоса, а з іншого боку, досягається гарна ізоляція корпусного шуму.

5.1.2 Тепловий насос для зовнішнього встановлення

Теплові насоси для зовнішнього встановлення забезпечуються спеціально пофарбованою обшивкою, і тому стійкі до погодних умов.

Апарат повинен встановлюватися на незмінно рівній, гладкій та горизонтальній поверхні. Як підставка підходять покладені тротуарні плити або фундамент (рис. 5.5).

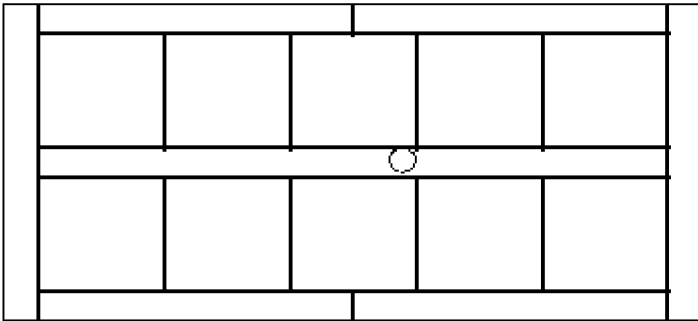


Рисунок 5.5 – Приклад плану фундаменту для повітряно-водяного теплового насоса з бордюрними каменями (1000x250x50) і тротуарними плитами (400x400x50)

Рама по периметру повинна щільно прилягати до землі, щоб забезпечити відповідну звукоізоляцію та запобігти охолодженню деталей, що містять воду. Якщо це не вдається, то необхідно передбачити додаткові заходи ізоляції. Повинна забезпечуватись можливість безперешкодного проведення робіт з технічного обслуговування. Це досягається при дотриманні відстані 1,2 м від нерухомих стін (рис. 5.6).

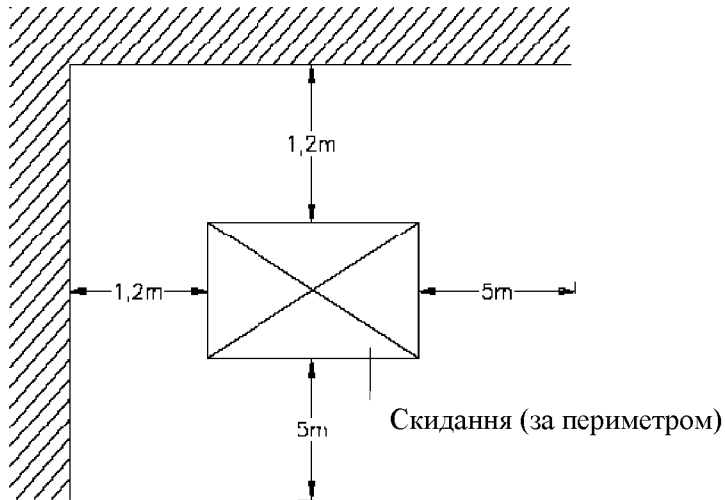


Рисунок 5.6 – Мінімальні відстані для забезпечення продуктивності за повітрям

На тепловому насосі необхідно передбачити такі технологічні під'єднання, як:

- пряма й оборотна вода опалювальної системи;
- злив конденсату;
- контрольний кабель регулятора теплового насоса;
- кабель електропостачання.

Підключення до системи опалення будинку виконується двома теплоізованими трубами для прямої та оборотної сільової води. Він прокладається в ґрунті та відводиться в опалювальний підвал через стіновий проріз, так само, як і електричний сполучний кабель (порожня труба Ду 50) для теплового насоса.

За допомогою вбудованого датчика захисту від заморожування тепловий насос за необхідності автоматично вмикається, щоб запобігти заморожуванню теплового насоса під час простою.

5.2 Розсільно-водяний тепловий насос

Даний тип теплових насосів використовують як низькопотенційне джерело теплової енергії, що акумулюється у верхньому шарі ґрунту.

Як пристрій для відбору теплоти від ґрунту використовують ґрунтові теплові колектори та ґрунтові теплові зонди.

Розглянемо установку розсільних змійовиків як найбільш поширений вид конструкції підземних теплових колекторів (рис. 5.7).

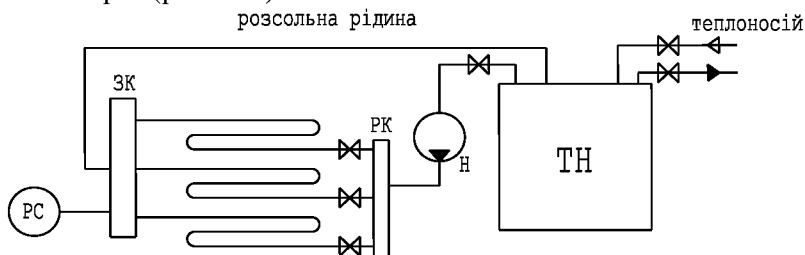


Рисунок 5.7 – Установка розсільних змійовиків

Н – насос; *РК* – розподільчий колектор; *ЗК* – збірний колектор; *РС* – розширювальна посудина

У відповідності до даної схеми необхідна кількість змійовиків з довжиною кожного не більше ніж 100 м, установлюється в котловані ґрунту або траншеї у вигляді горизонтального паралельного ряду з підключенням до розподільчого та оборотного збірного колектора. Глибина кладки знаходиться в межах 1,2 – 1,5 метра. Для виключення зростання льодяних циліндрів, що утворюються навколо підземних змійовиків, крок прокладання становить від 0,7 до 0,8 м. Кожен розсільний контур забезпечений запірним вентилям на виході з розподільчого колектора. Усі розсільні контури повинні мати однакову довжину для забезпечення рівномірності у відбиранні теплоти від ґрунту.

У верхній частині кожного розсільного змійовика повинен бути встановлений пристрій для видалення повітря як у пуско-налагоджувальних, так і в експлуатаційних умовах.

Усі розсільні трубопроводи виконують з корозієстійкого матеріалу, а їх частини, що знаходяться в помешканні та проходять через стіни будівлі, повинні бути покриті паронепроникною ізоляцією для запобігання відпотіванню.

Розсільний насос та розширювальна посудина встановлюються поза будівлею. При встановленні всередині будинку ці вузли забезпечуються паронепроникною ізоляцією для запобігання утворенню конденсату та кріоосаду.

Відстань прокладки розсільних трубопроводів від ліній водопроводу, каналів та будівель повинна становити не менше ніж 1,5 м для запобігання пошкодженням зазначених комунікацій та будівель при заморожуванні. Якщо зазначена відстань не може бути витримана, трубопроводи в цій зоні повинні бути теплоізовані.

Підземні теплові колектори повинні встановлюватись по можливості за декілька місяців до опалювального сезону, щоб відбулася природна усадка ґрунту. Площина, що займається підземними тепловими колекторами, не повинна застосуватись, а поверхня ґрунту над ними не повинна ущільнюватись.

Заповнення системи розсільною рідиною відбувається в такій послідовності:

- змішування в посудині моноетиленгліколю з водою до концентрації 25-30%;
- перевірка концентрації приладом для етиленгліколю;
- заповнення розсільного контуру з тиском від 2 до 2,5 бар;

– видалення повітря з установки шляхом відкриття повітряника.

Не рекомендується заповнювати розсільний контур водою, а потім до нього додавати антифриз, тому що подібне змішування не забезпечить гомогенності суміші.

Для виявлення можливої недостачі або витікання розсолу в контурі в ньому встановлюють датчик падіння тиску.

В установці з підземними зондами теплообмінна система першого розсільного контуру знаходиться в свердловинах на глибині від 20 до 100 м. У більшості випадків найчастіше використовують U-подібні зонди.

Для зонда такого типу спочатку створюється свердловина з розрахунковим радіусом r_1 (рис. 5.8)

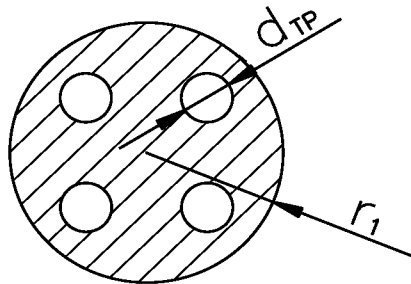


Рисунок 5.8 – Переріз подвійного U-подібного зонда

У свердловину вводяться чотири труби зонда з зовнішнім діаметром $d_{тр}$, виготовлені з поліетилену. Кожна пара труб на нижньому кінці з'єднана з метою утворення двох вертикальних U-подібних каналів для циркуляції розсільної рідини. Після встановлення зонда свердловина заповнюється цементно-бетонною сумішшю.

Відстань між зондами повинна становити не менше 5 м для зменшення взаємовпливу та забезпечення повноти регенерації в літній час. При встановленні групи зондів

вони повинні розміщуватись перпендикулярно до потоку ґрунтових вод.

Стосовно всіх вимог до встановлення насоса та розширювальної посудини діють ті ж самі правила, що й для підземного теплового зонда.

5.3 Водо-водяний тепловий насос

До цієї категорії «вода-вода» відносять теплові насоси, в яких як низькопотенційне джерело використовують ґрунтові води з температурою $7 - 12^{\circ}\text{C}$, воду різних систем оборотного водопостачання, воду шахтного водовідливу, а також нейтральні промислові побутові стічні води.

У більшості випадків зазначені водні джерела містять осадкові речовини, тому, внаслідок цього необхідно між випарником теплового насоса та водяним джерелом установлювати проміжний циркуляційний контур (рис. 5.9).

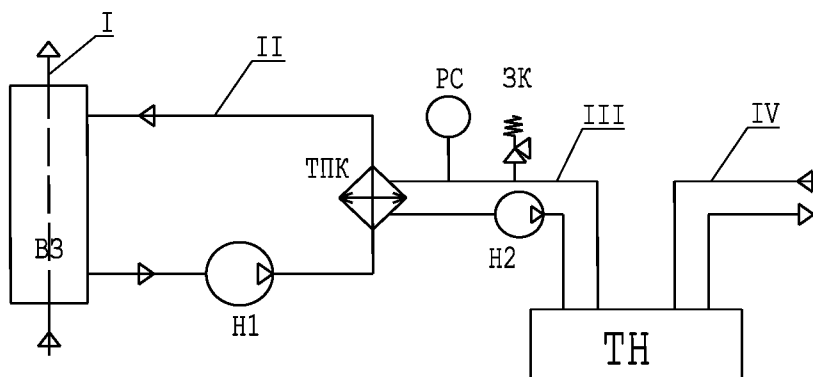


Рисунок 5.9 – Принципова схема установки водо-водяного теплового насоса з проміжним контуром:
ВЗ – проточний водозбірник; *ТПК* – теплообмінний апарат первинного контуру; *Н₁*, *Н₂* – насоси для водяного джерела та

проміжного контуру; РС – розширювальна посудина;
 ЗК – запобіжний клапан
 I – лінія природної циркуляції водяного потоку, що утилізується;
 II – циркуляційний контур водяного потоку через ТПК;
 III – проміжний контур чистої та демінералізованої води;
 IV – вторинний контур (споживача теплового навантаження)

Проміжний контур теплопередачі залежно від умов розміщення ТПК може також заповнюватись розчином моноетиленгліколю, та в цьому випадку названий контур виконується таким самим чином, як і при звичайному підземному тепловому колекторі або зонді – з циркуляційним насосом та запобіжною арматурою.

При використанні ґрунтових вод без проміжного контуру випарник теплового насоса включається між подавальним та скидним колодязем (рис. 5.10).

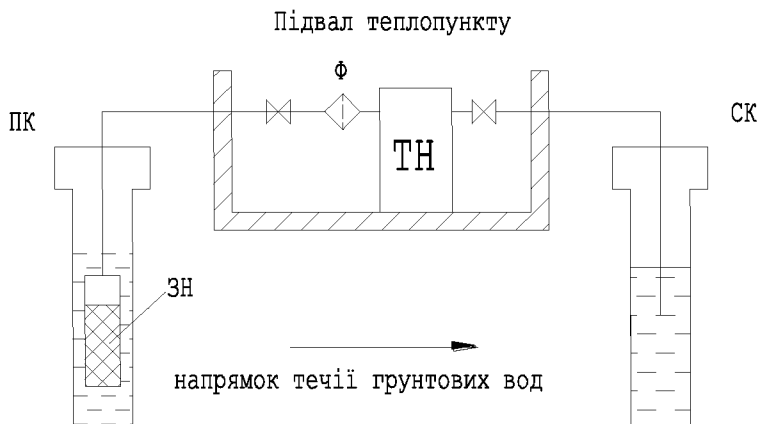


Рисунок 5.10 – Схема з'єднання водо-водяного теплового насоса та ґрунтових вод:

ТН – тепловий насос; ПК – подавальний колодязь;
 СК – скидний колодязь; Ф – фільтр; ЗН – заглиблений електронасос

Грунтові води для теплового насоса відбираються з ґрунту через подавальний колодязь. Приплив води в подавальний колодязь повинен забезпечувати постійний відбір для теплового насоса. У випарнику теплового насоса ґрунтові води охолоджуються і знову повертаються в ґрунт через скидний колодязь.

Між колодязями повинна бути витримана відстань не менше ніж 15 метрів, при цьому, скидний колодязь повинен розміщуватись за подавальним у напрямі течії ґрунтових вод. Скидний колодязь повинен мати можливість приймати таку ж кількість води, яку здатен забезпечити подавальний колодязь. Проектування та спорудження колодязів, від яких залежить експлуатаційна надійність установки, повинна виконуватись сертифікованим підприємством зі спорудження колодязів ґрунтових вод.

Для теплових насосів із теплопродуктивністю до 30 кВт відбір ґрунтових вод проводиться з глибини, не більше ніж 15 метрів. Напір колодязного насоса становить 1,5 – 2,5 бар. Орієнтовно, значення витрати заглибного насоса становить 0,25 м³/год на 1 кВт теплопродуктивності теплового насоса.

За наявності в тепловому насосі паяних міддю пластинчастих теплообмінників із нержавіючої сталі необхідно виконати аналіз води, що підтверджує сумісність ґрунтових або стічних вод із випарником теплового насоса. Один із головних показників такого аналізу, а саме величина РН, повинна лежати в інтервалі від 7,5 до 9.

5.4 Основні заходи з планово-нонереджувального технічного огляду

Планово-попереджувальне профілактичне обслуговування теплонасосної установки принципово не відрізняється від обслуговування холодильної установки. Особливості проведення робіт полягають у деяких відмінностях у роботі холодильної і теплонасосної установки.

При використанні проміжного контуру в ТНУ типу «вода-вода» слід передбачати періодичне чищення контуру від сторонніх відкладень. Особливо в тих випадках, коли вода із зовнішнього джерела не відповідає вимогам, що ставляться заводами-виробниками. Для чищення необхідно використовувати стандартні чистящі процедури, що сумісні з матеріалами теплообмінного контуру і контуру підведення води. Як правило, чим більше води проходить через теплообмінний контур, тим менше ймовірність виникнення мінеральних відкладень. Рекомендована продуктивність з боку джерела води 0,027-0,054 л/с на 1 кВт теплопродуктивності.

Для забезпечення максимальної продуктивності насосного агрегату фільтри повинні періодично очищатися. При нормальних умовах роботи фільтри повинні перевірятися один раз на місяць і замінюватися у міру необхідності. Забороняється експлуатувати насосні агрегати без фільтрів.

У тих місцях, де аеробні бактерії призводять до утворення слизу в зливальному лотку, може знадобитися хімічна обробка. Ця хімічна обробка повинна виконуватися один раз у три місяці. Може також знадобитися чищення лотка для збирання конденсату, щоб не було неприємного запаху всередині приміщення. У

резервуарі для збирання конденсату може накопичуватися пух і бруд, особливо коли забруднені фільтри. Необхідно перевіряти зливальний лоток два рази на рік, щоб усунути небезпеку переливу.

В усіх теплонасосних установках використовуються вентилятори з двигунами, що змащуються. Необхідно щорічно перевіряти натяг і зношування ременів приводів вентиляторів.

Для забезпечення максимальної продуктивності насосного агрегату необхідно виконувати очищення повітряного теплообмінника. При нормальних умовах роботи необхідно перевіряти стан повітряного теплообмінника один раз на рік і у випадку забруднення, очищати його за допомогою щітки або пилососа.

Також необхідно проводити щорічні перевірки амперного навантаження на електродвигун компресора, щоб упевнитися, що сила струму відрізняється не більше ніж на 10% від значення, зазначеного в технічному паспорті (серійній таблиці теплового насоса).

Як правило, необхідно уникати контакту корпусу теплового насоса з водою тривалий час, щоб запобігти корозії листового металу. Для цього вертикальні корпуси встановлюють на висоту в кілька сантиметрів від підлоги.

Перелік обов'язкових процедур профілактичного обслуговування теплонасосної установки:

- контроль температури компресора на всмоктуванні і нагнітанні;
- контроль перегріву й переохолодження холодоагенту;
- контроль показника вологості в контурі;
- контроль робочого струму електродвигуна компресора;
- контроль роботи системи управління;
- контроль тиску води;

- підтягнення всіх електричних підключень;
- випробування кріплення електричних компонентів;
- перевірка щільності всіх компонентів теплонасосного контуру на предмет витікання холодоагенту.

5.5 Контрольні запитання

- 1 Основні роботи з монтажу теплових насосів.
- 2 Основні типи теплових насосів.
- 3 Вимоги до приміщення, де встановлюється тепловий насос.
- 4 Умови, необхідні для застосування теплового насоса зовнішнього встановлення.
- 5 Схема та принцип роботи розсільно-водяного теплового насоса.
- 6 В якій послідовності відбувається заповнення системи розсільною рідиною?
- 7 Система установки з підземними зондами теплообміну.
- 8 Які теплові насоси відносять до категорії «вода-вода»?
- 9 Принципова схема установки водо-водяного теплового насоса з проміжним контуром.
- 10 Принципова схема установки водо-водяного теплового насоса без проміжного контуру.
- 11 Схема роботи установки водо-водяного теплового насоса без проміжного контуру.

Розділ 6 ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНИХ І ТЕПЛОАСОСНИХ УСТАНОВОК

6.1 Основні положення технічного обслуговування

Метою обслуговування є підвищення надійності, безпеки, ефективності та збільшення ресурсу роботи холодильних і теплоасосних установок [10, 15].

Класифікують такі види технічного обслуговування:

- 1) За етапами існування:
 - при використанні;
 - при очікуванні;
 - при збереженні;
 - при транспортуванні;
- 2) За плануванням:
 - планове;
 - непланове;
- 3) За регламентом виконання:
 - регламентні;
 - вимушені (за технічним станом);
- 4) За умовами проведення:
 - періодичні;
 - сезонні.

Технічне обслуговування при використанні об'єкта за призначенням поділяють на *оперативне технічне обслуговування*, якщо його виконують при використанні об'єкта за призначенням перед або відразу після використання, і *періодичне технічне обслуговування*, якщо його проводять за технічним станом або після певного наробітку.

Сезонне технічне обслуговування проводять тільки для об'єктів, що використовуються при істотних змінах стану навколишнього середовища протягом року, наприклад, для зовнішніх теплоізоляційних огорожень.

Планове технічне обслуговування проводять відповідно до вимог нормативно-технічної документації, непланове технічне обслуговування – без попереднього призначення.

Регламентне технічне обслуговування виконують із періодичністю й в обсязі, зазначеному в нормативно-технічній документації, незалежно від технічного стану об'єкта в момент початку обслуговування.

Регламентне технічне обслуговування з номенклатурою найбільш відповідальних операцій (розбирання, регулювання й ін.) називається *технічним оглядом*. Технічні огляди характеризуються періодичністю, тобто інтервалом часу або наробітку між видами технічного обслуговування, а кожен вид характеризується тривалістю, трудомісткістю й вартістю. Регламентоване технічне обслуговування через визначеність із періодичністю проведення й видами оглядів простіше в реалізації й значно поширено.

Технічне обслуговування за технічним (тобто фактичним) станом вимагає володіння великим обсягом інформації про технічний стан об'єкта. Одержати, обробити й використати цю інформацію неможливо без спеціальних технічних засобів й автоматизації контролю й керування. Тому перехід до технічного обслуговування за фактичним станом вимагає використання автоматизованих засобів контролю й діагностики.

Серед основних робіт з технічного обслуговування можна виділити такі:

- випускання мастила з апаратів;
- випускання неконденсованих газів з системи;
- перевірка системи на герметичність;
- відтаювання теплообмінного обладнання та ін.

6.1.1 Винесання мастила з апаратів

Кількість масла, що виноситься з компресора в систему, визначається низкою факторів – системою змащення, кількістю масла, що нагнітається в циліндри маслоснабсодом, щільністю прилягання компресійних і маслосбірних кілець, температурою й в'язкістю масла та ін. Масло виноситься агентом у краплинному й пароподібному стані.

Проходячи через маслороздільник, дрібнодисперсні частинки після переходу масла в рідинну фазу відстоюються здебільшого в нижній частині маслосбірника, конденсатора й лінійного ресивера, однак частина масла, особливо легкі фракції, разом із рідким агентом проникають у випарну систему. Таким чином, частота випускання масла з апарата аміачних систем повинна встановлюватися з урахуванням конкретних умов роботи кожного апарата і всієї установки в цілому.

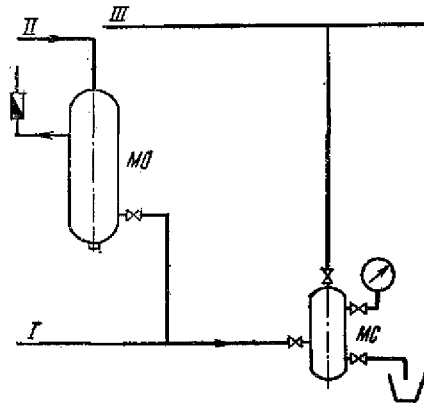


Рисунок 6.1 – Схема випускання масла:

МО – маслороздільник; *МС* – маслосбірник; *I* – трубопровід відведення масла з апарату; *II* – нагнітальний трубопровід; *III* – усмоктувальний трубопровід

З апаратів аміачних систем випускання масла дозволяється тільки під тиском усмоктування й за умови видалення рідкого аміаку, що знаходиться над маслом. З працюючих масловіддільників, конденсаторів, лінійних ресиверів, випарників й інших апаратів, що працюють під тиском нагнітання й усмоктування, масло випускають через маслосбирач (рис. 6.1).

Відкривши відповідний вентиль, сполучають із усмоктувальним трубопроводом корпус маслосбирача й знижують тиск у ньому до тиску усмоктування. Від'єднують маслосбирач від усмоктувального трубопроводу й заповнюють його маслом із апаратів. Відкачують аміак, що надійшов разом із маслом, з маслосбирача, сполучивши корпус останнього з усмоктувальним трубопроводом. Останньою операцією є відокремлення маслосбирача від системи й випускання масла по спеціальній лінії.

Апарати хладонових установок вивільняють від масла, використовуючи аналогічні прийоми. Розчинність хладонів у маслі зменшується з підвищенням температури; для більш повного видалення холодоагенту апарат при відсмоктуванні повинен мати температуру навколишнього середовища.

6.1.2 Винускання неконденсованих газів із системи

Повітря до системи потрапляє головним чином під час монтажу й ремонту, а також при розкритті компресорів, апаратів і трубопроводів для огляду. Можливе підсмоктування повітря при роботі випарної системи або картера компресора з тиском нижче атмосферного, наприклад, при роботі із прикритим регулюючим або усмоктувальним вентиляем. Крім повітря, у системі можуть з'являтися гази, що являють собою

продукти розпаду агенту й масла. Наявність різних газів, що не конденсуються, помітно погіршує роботу установки, головним чином за рахунок підвищення тиску конденсації.

Причина підвищення тиску конденсації полягає в тому, що на теплопередавальній поверхні конденсатора постійно конденсуються пари холодоагенту, внаслідок чого концентрація компонентів, що не конденсуються, у суміші різко збільшується. Таким чином, утворюється подушка з газів, що не конденсуються, яка має значний тепловий опір й значно ускладнює теплопередачу. Погіршення теплообміну викликає підвищення температури (тиску) конденсації. З підвищенням тиску конденсації погіршуються енергетичні показники роботи установки – збільшується витрата електроенергії.

Найпростіший спосіб видалення неконденсованих газів полягає в тому, що відібрану суміш за допомогою шланга випускають назовні. За 2-3 години до випускання припиняють роботу компресора, але подачу охолодної води або повітря на конденсатор не зупиняють, щоб знизити температуру суміші. Випускають суміш холодоагенту з неконденсованими газами слабким струменем, регулюючи вихід вентилем на корпусі апарата.

Аміачні й хладонові установки середньої й великої продуктивності забезпечуються повітровіддільником спеціальної конструкції, у якому суміш для збагачення повітрям піддається охолодженню.

Повітровіддільник (рис. 6.2) складається з двох вертикальних циліндричних посудин. Внутрішня посудина 5, що знаходиться в зовнішній посудині 4, заповнюється киплячим холодильним агентом, що надходить із колектора регулюючої станції або з ресивера через поплавкову камеру регулятора рівня *IP*. Пар із внутрішньої посудини відводиться в усмоктувальний трубопровід компресора. Повітряно-аміачна суміш із апаратів

надходить у змійовик 6, розташований у внутрішній посудині, і після охолодження відводиться в простір між посудинами. Рідкий аміак, що утворився в результаті охолодження, стікає через камеру регулятора рівня 2P у ресивер, а парогазова суміш після вторинного охолодження в змійовику 7 з метою додаткового відділення аміаку спрямовується в посудину з водою 1.

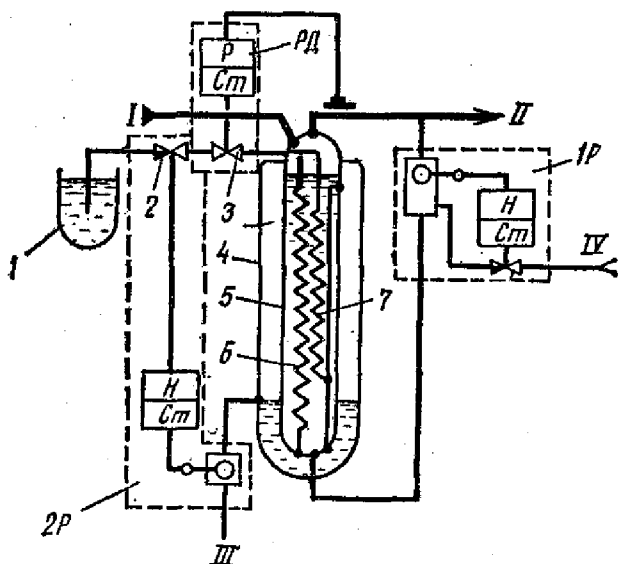


Рисунок 6.2 – Повітровіддільник:

I — лінія відбору повітряно-аміачної суміші з апаратів; *II* — лінія до усмоктувального трубопроводу; *III* — лінія рідкого аміаку до лінійного ресивера; *IV* — лінія надходження рідкого аміаку від регулюючої станції

На корпусі регулятора рівня 2P змонтований повітряний клапан 2, механічно пов'язаний з поплавком. Якщо в апарат надходить недостатня кількість повітря, то тиск у просторі між посудинами знижується, рідкий аміак надходить у поплавкову камеру з ресивера, поплавок спливає і клапан 2 закривається. Реле тиску РД механічно

пов'язане з повітряним клапаном 3. При зупинці компресора тиск в усмоктувальному трубопроводі підвищується й повітряний клапан закривається.

Одним із сучасних прикладів систем видалення неконденсованих газів із холодильної установки є автоматичний віддільник неконденсованих газів нідерландської фірми «Grasso» (рис. 6.3).

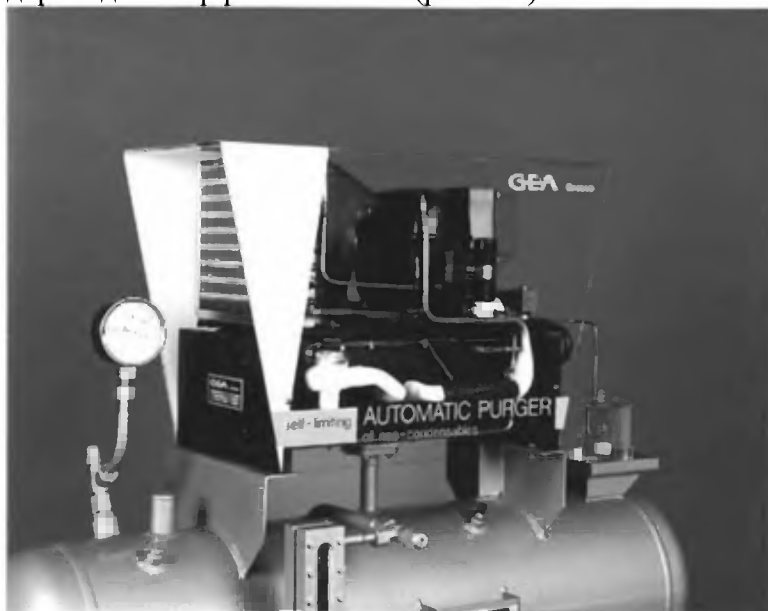


Рисунок 6.3 – Автоматичний віддільник неконденсованих газів фірми «Grasso».

Принципова схема автоматичного віддільника неконденсованих газів «Grasso» наведена на рисунку 6.4.

Автоматичний віддільник характеризується цілим рядом переваг, а саме:

- значне зниження витрат електроенергії холодильної установки;

- забезпечення кінцевої концентрації неконденсованих газів у холодильному контурі менш ніж 2%;
- повністю автоматизована робота віддільника неконденсованих газів;
- можливість використання для будь-яких холодильних агентів;
- економія до 95% холодильного агента в порівнянні з ручними методами видалення неконденсованих газів;
- можливість роботи при температурі навколишнього середовища до 45⁰С.

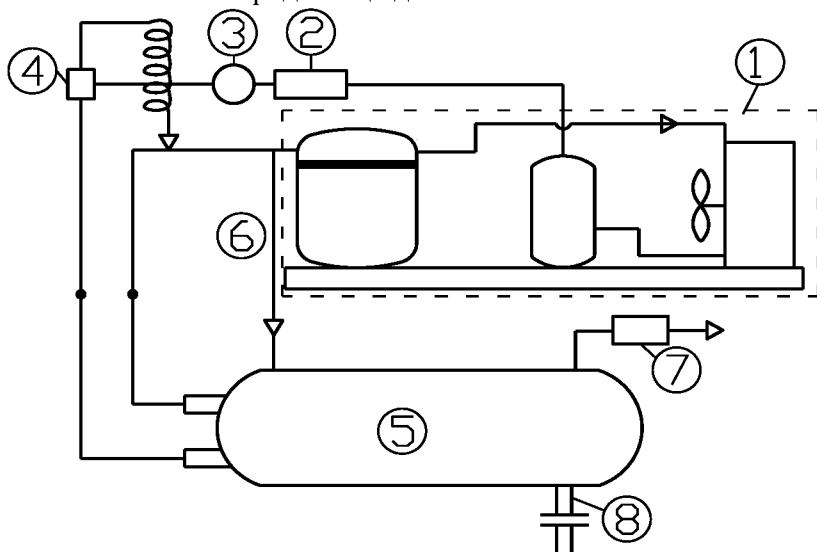


Рисунок 6.4 – Принципова схема автоматичного віддільника неконденсованих газів:

- 1 – блок конденсації; 2 – фільтр; 3 – оглядове скло;
 4 – терморегулюючий вентиль; 5 – теплообмінник;
 6 – регулятор високого й низького тиску; 7 – калібрована дюза;
 8 – соленоїдний клапан випуску відділених газів.

Конденсація холодоагенту в теплообміннику автоматичного віддільника газів відбувається при тиску конденсації й дуже низькій температурі. В результаті цього, частка холодоагенту в відокремлюваному газі дуже мала. Це досягається за рахунок того, що одним з елементів конструкції є незалежний холодильний блок, завдяки якому температура кипіння основної холодильної установки ніяким чином не впливає на якість відділення газів, що не конденсуються. Крім того, автоматичний віддільник газів буде продовжувати працювати навіть у випадку припинення роботи основної холодильної установки. В холодильному блоці автоматичного віддільника газів використовується безпечний для озонового шару холодоагент R404A, що і дозволяє досягти дуже низької температури, необхідної в процесі відділення газів.

Автоматичний віддільник газів, що не конденсуються, швидко й нескладно підключається до нової або вже існуючої холодильної установки двома способами:

- до лінійного ресивера високого тиску (рис 6.5);
- до поплавкового регулятора на лінії високого тиску (рис 6.6).

За наявності декількох поплавкових регуляторів високого тиску монтаж відбувається згідно з даними технічного паспорта.

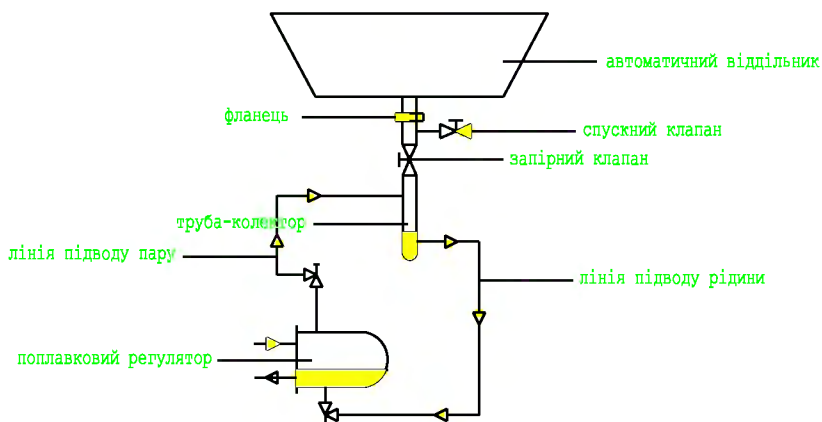


Рисунок 6.5 – Підключення віддільника неконденсованих газів до лінійного ресивера

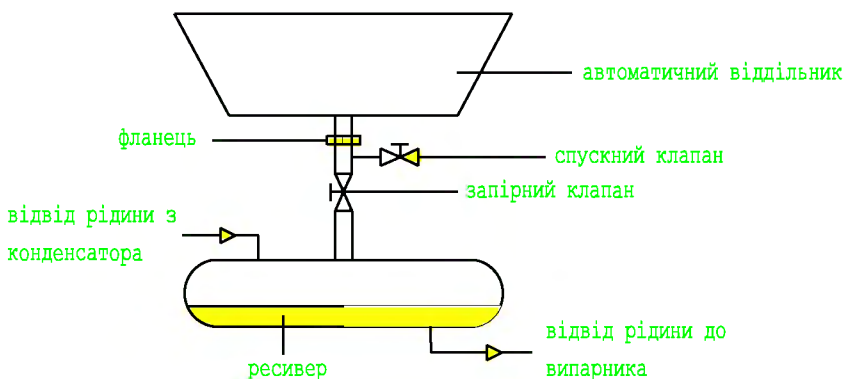


Рисунок 6.6 – Підключення віддільника неконденсованих газів до поплавкового регулятора на лінії високого тиску

6.1.3 Невірка системи на герметичність

У випадку коли відбувається витікання холодоагенту із системи, його необхідно виявити й усунути [21]. Холодильні системи повинні бути герметичними з двох причин. По-перше, у результаті витікання зменшується кількість холодоагенту в системі. По-друге,

при витіканні холодоагенту в системі тиск зменшується нижче атмосферного, що сприяє надходженню повітря й вологи. Витікання холодоагенту може відбуватися через низьку якість виготовлення устаткування або тривалого строку його служби.

Найпоширенішими засобами виявлення витікання є електронний і галоїдний течешукач, а також спосіб виявлення витікання за допомогою обмилювання. Однак, електронний течешукач – винятково чутливий прилад, тому його не можна застосовувати при високій концентрації холодоагенту. Галоїдний течешукач працює незадовільно у випадку, якщо витікання холодоагенту незначне або коли в приміщенні є примусова циркуляція повітря. У зв'язку з тим що електронні течешукачі дуже чутливі, при витіканні холодоагенту підозріле місце необхідно обмилювати. Іноді для виявлення витікання холодоагенту необхідно застосовувати відразу кілька способів.

Не рекомендується застосовувати як спосіб виявлення витікання холодоагенту вакуумування системи, тому що не можна точно визначити місце витікання, а також шматочок фарби або піщина можуть загородити місце витікання, у результаті чого припиняється зниження тиску в системі. Крім того, у систему всмоктується більше повітря й вологи, а для їх видалення потрібно буде збільшити тривалість вакуумування. У зв'язку з цим доцільніше використати один із трьох зазначених вище способів.

6.1.4 Відтаювання теплообмінного обладнання

Під час нормальної роботи холодильної установки утворюється снігова шуба на поверхні камерних теплообмінних приладів [9, 28].

Основними способами відтаювання камерних приладів безпосереднього охолодження є:

- відтаювання повітроохолоджувачів теплим повітрям;
- зрошення зовнішньої поверхні камерних приладів теплою водою;
- використання електрообігрівання;
- відтаювання гарячою парою холодоагенту.

Відтаювання повітроохолоджувачів теплим повітрям

За допомогою шиберів перекривають повітряні канали повітроохолоджувача, відокремлюючи його від охолоджуваного приміщення. Вентилятори апарата не вимикають. Відтаювання відбувається як за рахунок високої температури зовнішнього повітря, так і за рахунок рециркуляції повітря у повітроохолоджувачі при увімкнених термоелектронагрівачах, вбудованих в апарат.

Зрошення поверхні повітроохолоджувачів водою

Для даного способу відтаювання використовується вода із системи оборотного водопостачання. Температура води не повинна перевищувати 25 – 30°C, оскільки при більшій температурі в охолоджуваному приміщенні утвориться туман. Вода подається в перфоровані трубки, розташовані над батареями повітроохолоджувача, і розприскується. Стікаючи по батареях, вода потрапляє в піддон, а потім у каналізацію.

Відтаювання електрообігріванням

При електричному нагріванні батарей повітроохолоджувача використовується такий спосіб установа електронагрівників. Кабель навивається на трубопроводи, і при пропусканні по ньому струму він нагрівається. Застосовується для трубопроводів зливання води та для батарей зі спіральним оребрением.

При установленні електронагрівників під батареєю тепле повітря піднімається нагору, й відтає іній на поверхні батареї. Піддон нагрівається від тих самих електронагрівників за рахунок теплоти випромінювання. Електронагрівники можуть монтуватися в ребра батареї паралельно основним трубам. Відтаювання без проміжного теплоносія передбачає нагрівання батареї струмами низької напруги за рахунок омичного опору. У цьому випадку батарея повинна бути відділена від трубопроводів і корпусу повітроохолоджувача електроізоляційним матеріалом.

Відтаювання камерних приладів гарячою парою холодоагенту

Для відтаювання використовується внутрішня теплота пари, що конденсується в процесі відтаювання. Шар снігової шуби відтає зсередини, і значна його частина відокремлюється шматками. При цьому способі відтаювання одночасно відводиться масло з камерних приладів.

Схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача наведена на рисунку 6.7. На початку циклу відтаювання закривається соленоїдний вентиль СВ₁ на трубопроводі зливання холодоагенту й відкривається СВ₂ на трубопроводі подачі гарячої пари в батарею. Внаслідок підвищення тиску в батареї зворотний клапан закривається, припиняючи подачу в батарею рідкого холодоагенту. Гаряча пара послідовно обмиває трубопровід зливу поталої води, піддон і надходить у батарею. Конденсат видаляється з батареї в циркуляційний ресивер через постійно відкритий вентиль РВ₂. Після закінчення відтаювання вентиль СВ₂ закривається, а вентиль СВ₁ відкривається, і повітроохолоджувач входить у режим охолодження.

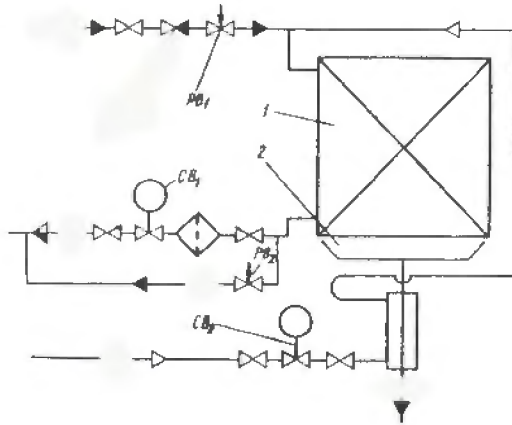


Рисунок 6.7 – Схема автоматичного відтаювання повітроохолоджувача:

1 – повітроохолоджувач; 2 – піддон

Відтаювання снігової шуби з розсільних батарей роблять підігрітим розсолем. Для підігріву розсолу в бак установлюють електронагрівачі або в схемі передбачають бойлер, у якому розсіл підігривають парою або гарячою водою. Потім підігрітий розсіл подається в камерні прилади, де віддає тепло сніговій шубі, яка утворилась на поверхні приладів.

6.2 Основні неноладки при роботі установок

У процесі експлуатації можуть виникати різні неполадки внаслідок неправильного обслуговування, несправності обладнання холодильної установки, зміни зовнішніх умов експлуатації [19, 20, 21, 26]. Основні неполадки, що впливають на економічність і безпеку роботи холодильної установки, наведені нижче.

Зниження температури кипіння

Це призводить до збільшення питомої витрати електроенергії (приблизно на 4-4,5 % на 1°C). Температура кипіння може знизитись у випадку, коли продуктивність

увімкнених компресорів більша, ніж продуктивність увімкнених охолоджувальних приладів або випарників.

Погіршення інтенсивності теплообміну у випарнику може спричинити зниження температури кипіння. Велика товщина ілею на зовнішній поверхні охолоджувальних приладів та замаслювання внутрішньої поверхні значно погіршують умови теплопередачі від повітря до холодоагенту і призводять до зниження температури кипіння. Засмічування фільтрів на розсільних трубопроводах, вихід із ладу насосів для перекачування холодоносіїв, мішалок призводять до зниження температури кипіння.

Недостатня подача холодоагенту у випарну систему чи брак холодоагенту в системі також може бути причиною зниженої температури кипіння.

Підвищення температури конденсації

Підвищення температури конденсації призводить до зменшення холодопродуктивності компресора й одночасно до збільшення питомої витрати електроенергії. Підвищення температури конденсації на 1°C призводить до зростання питомої витрати електроенергії на 2-2,5 %. Підвищена температура конденсації при оборотному водопостачанні конденсаторів може бути спричинена незадовільною роботою градирні.

Підвищення температури конденсації може бути викликане такими факторами:

- погіршенням теплопередачі в конденсаторі в зв'язку із забрудненням теплопередавальної поверхні;
- засміченням форсунок або інших водорозподільників у градирнях, випарних конденсаторах, вертикальних кожухотрубних і зрошувальних конденсаторах;
- недостатньою подачею води або повітря в конденсатор;

– наявністю в конденсаторі повітря або інших неконденсованих газів;

– затопленням частини теплообмінної поверхні конденсатора рідким холодоагентом.

Підвищена температура конденсації може встановитися і тому, що поверхня включених у роботу конденсаторів не відповідає продуктивності включених у роботу компресорів.

Підвищена температура пари, що нагнітається компресором

Перевищення дійсної температури пари, що нагнітається, може стати наслідком усмоктування компресором пари з підвищеним перегрівом, наприклад, при недостатній подачі холодоагенту у випарну систему або при великій довжині всмоктувальних трубопроводів та незадовільній їх ізоляції.

Деякі несправності в самому компресорі можуть стати причиною підвищеної температури нагнітання. Зношення циліндра компресора, нещільності нагнітальних або всмоктувальних клапанів призводить до примішування нагрітої пари до пари, що надходить з випарника, й викликає підвищення температури пари в кінці стискування. Недостатня подача води в охолоджувальну оболонку компресора або відкладання водяного каменя на стінках охолоджувальної оболонки погіршує охолодження циліндра й спричиняє підвищення температури стиснутої пари. Розігрівання стінок циліндра і, як наслідок, зростання температури стиснутої пари можуть відбуватися через порушення змащування поверхні циліндра й підвищеного тертя поршневого кільця об стінки.

6.3 Основні несправності механізмів та деталей

Несправності у роботі установок відбуваються внаслідок конструктивного недоопрацювання окремих

деталей і вузлів, помилок, допущених при їх виготовленні, недотриманні вимог інструкцій та норм експлуатації [7, 9, 15, 26]. Наприклад, дефекти при виготовленні всмоктувальних і нагнітальних клапанів і поршневих кілець, неправильний їх монтаж, недотримання правил експлуатації, неякісний ремонт призводять до зниження енергетичних показників компресора.

Основними причинами руйнування шатунів є надмірне й нерівномірне затягування шатунних болтів, ослаблення гайок болтів під час роботи, наявність люфтів у підшипниках нижніх головок шатунів, заїдання поршня в циліндрі, дефекти у виготовленні і монтажі деталей механізму руху, низька якість матеріалу деталей.

Руйнування шатунів та шатунних болтів може призвести до пошкодження колінчастого вала, картера та інших деталей машини. Основними засобами запобігання руйнуванню шатунів і шатунних болтів є комплексний контроль при виготовленні, монтажі, експлуатації та ремонті, а також своєчасна заміна шатунів і шатунних болтів, що відпрацювали граничні терміни служби.

Заклинювання поршня може призвести до руйнування шатуна, колінчастого вала, циліндрів картера. Воно виникає при недостатньому змащуванні, перекосах кривошипно-шатунного вузла, сильному нагріванні поршня і поршневих кілець, різкій зміні режиму охолодження циліндра.

Руйнування поршневих кілець можливе при низькій якості матеріалу, похибках виготовлення й монтажу, недотриманні правил експлуатації.

Причинами, які порушують нормальний режим роботи клапанів компресора, є заїдання клапанних пластин при неправильному збиранні та забрудненні, установлення пружин із жорсткістю, що не відповідає розрахунковій, наявність нагару на деталях клапана, спрацювання сідла і

клапанних пластин та інші дефекти. Причина недостатньої довговічності клапанів – важкі умови роботи, що викликають руйнування пластини від втомленості.

Нормальна робота сальників залежить від точності їх виготовлення та підгонки. Зношування ущільнювальних елементів прискорюється при недостатньому змащуванні, недотриманні монтажних зазорів та умов експлуатації.

Руйнування чавунних маховиків можливе за наявності у литві раковин, тріщин, при дефектах монтажу (перекуси, недостатня точність балансування), виникненні гідравлічного удару або різкому заклинюванні поршня в циліндрі.

Якщо компресор встановлено в приміщеннях з мінусовою температурою, а також при тривалій роботі вологим ходом, можливе розморожування його водяної оболонки. Щоб уникнути цього, припиняють подачу води і виділяють її з оболонки.

У багатьох випадках надійність і довговічність холодильної установки залежать від безвідмовної роботи запобіжних і зворотних клапанів, засувок, запірних і регулювальних вентилів. Погнутість та заїдання шпинделя, перекус, надмірне затискання та зношення сальникового набиття, поломка і погане припасування до сідла та інші дефекти арматури порушують нормальну роботу холодильної установки.

6.4 Основні положення ремонту

6.4.1 Ноняття про зношування

При експлуатації установки всі її елементи зазнають різноманітних видів фізичних зношень та пошкоджень, внаслідок чого компресори частково або повністю втрачають свою початкову якість. У результаті зношень і

пошкоджень втрачаються нормальний технічний стан пристроїв та експлуатаційні характеристики [19, 26].

Нормальним зношуванням називають зміни розмірів і властивостей матеріалів деталей, що відбувалися в умовах правильної експлуатації устаткування. Інтенсивність нормального зношування визначається головним чином особливостями конструкції вузлів, ізносостійкістю використаних матеріалів, а також правильністю експлуатації й ремонту устаткування.

Нормальне зношування неминуче, однак на інтенсивність його проходження може впливати якість монтажу, експлуатації й ремонту устаткування. При певних несприятливих умовах нормальне зношування переходить в аварійне.

Аварійним зношуванням називають зміни розмірів і властивостей матеріалів деталей, що відбулися у відносно короткий строк через неправильний монтаж, експлуатацію, незадовільне технічне обслуговування або неякісний ремонт.

Види зношування деталей:

- зношування тертям;
- ерозійне зношування;
- корозійне руйнування;
- руйнування від втоми;
- повзучість матеріалу.

Зношування тертям

Зношування тертям характеризується такими періодами: припрацюванням, усталенням та інтенсивним зношуванням.

У період пуску агрегатів відбувається *інтенсивне зношування* пар тертя, при якому сполучені деталі деякий час працюють в умовах напіврідинного й граничного тертя. Зношування зменшується при настанні рідинного тертя та повного винесення мастилом частинок зношування.

При *усталеному режимі* основною характеристикою є темп або швидкість зношування. Із зменшенням темпу зношування підвищується термін використання деталі.

Зношування тертям може бути:

- механічним;
- молекулярно-механічним;
- корозійно-механічним.

Механічне зношування при пружних і пластичних деформаціях призводить до руйнування поверхневих шарів без зміни властивостей матеріалів.

Різновидами механічного зношування є:

- абразивне зношування;
- пластичне деформування;
- зношування при кавітації;
- крихке руйнування поверхні.

Абразивне зношування – це пластичне деформування поверхонь деталей при терті ковзання, спричинене найм'якшими частинками забруднень, піску, окалини.

Пластичне деформування виникає в результаті дії зовнішніх навантажень і високих температур, викликаючи переміщення більш м'якого матеріалу в напрямі руху та відривання його.

Зношування при кавітації – це руйнування робочих частин відцентрових насосів, що виникають внаслідок місцевих гідравлічних ударів робочої рідини, тощо.

Крихке руйнування поверхні матеріалу являє собою результат появи наклепок та втоми в ньому, що викликано деформаціями, які багаторазово повторюються.

Молекулярно-механічне зношування відбувається при зближенні поверхонь тертя до молекулярної взаємодії матеріалів з низькими і нормальними температурами працюючих пар тертя. Відповідні умови створюються під час пуску машини в момент відсутності мастильного шару,

що розділяє деталі, при перевантаженнях, недостатньому змащуванні, при малих монтажних зазорах працюючих пар тертя.

Корозійно-механічне зношування зумовлено одночасним механічним і корозійним впливом на поверхню деталі.

Ерозійне зношування

Даний тип зношування виникає через механічний вплив на поверхневий шар деталі частинками газоподібного, рідкого, твердого середовища, що рухається з великою швидкістю. Для зменшення ерозійного зношування застосовують високоміцні в'язкі матеріали, металічні та неметалічні покриття.

Корозійне руйнування

Корозійне руйнування виникає в результаті фізико-хімічної взаємодії металу з навколишнім середовищем.

Цей вид зношування поділяють на:

- хімічну корозію;
- електрохімічну корозію.

У процесі *хімічної корозії* на поверхні деталі утворюються тоненькі плівки оксидів. Унаслідок впливу повітря, газів та рідких речовин утворюється оксидна плівка переважно з оксиду заліза. Утворена оксидна плівка крихка і погано сполучається з металом. У вузлах тертя частинки, що відділилися, та частинки оксидної плівки спричиняють абразивне зношування.

Електрохімічна корозія відбувається в електролітичному електропровідному середовищі (воді, розсолі) при контакті з металом, на поверхні якого утворюються мікроскопічні гальванічні пари. Метал розчиняється, а іони його сполучаються з іонами гідроксиду, утворюючи продукти корозії.

Руйнування від утомленості

Утомленістю металу називають процес поступового накопичування пошкодження під дією багатократного впливу знакомінних за величиною однозначних навантажень. Під їхньою дією зменшується довговічність матеріалу, утворюються мікротріщини, в результаті чого матеріал з часом руйнується.

У компресорах від утомленості руйнуються пластини всмоктувальних та нагнітальних клапанів, пружини, шатунні болти. Руйнування від утомленості виявляють при візуальному огляді деталі, дослідженні магнітними і капілярними методами дефектоскопії.

Новзучість матеріалів

Під повзучістю розуміють процес повільної безперервної пластичної деформації твердого тіла під дією постійного навантаження при розтягуванні, стисненні, крученні як при підвищених, так і при дуже низьких температурах. Наприклад, повзучість виникає в болтах фланцевих з'єднань трубопроводів, що працюють за умов високих температур. Через деякий час унаслідок повзучості в болтах напруга знижується, щільність фланцевого з'єднання зменшується.

6.4.2 Види ремонту

Ремонт – це сукупність техніко-економічних та організаційних заходів, яких вживають для відновлення справності або роботоздатності технічного механізму [9, 15, 19, 26, 28].

Безперервна робота устаткування досягається за рахунок планово-запобіжного ремонту (ПЗР). ПЗР називають сукупність профілактичних робіт, що забезпечують найбільш ефективне використання й збереження устаткування. Основною метою ПЗР є попередження позапланових ремонтів.

Комплекс профілактичних робіт у системі ПЗР передбачає:

- міжремонтне технічне обслуговування;
- профілактичний технічний огляд;
- плановий ремонт.

Міжремонтне технічне обслуговування полягає в нагляді за станом устаткування, дотриманню правил його експлуатації та у виконанні робіт, що забезпечують нормальне функціонування машин, апаратів і систем.

Профілактичний огляд призначений для забезпечення роботоздатності устаткування протягом незначного проміжку часу (від 3 до 6 місяців) шляхом очищення, регулювання, а також заміни в міру необхідності несправних деталей.

Плановий ремонт складається з малого, середнього та капітального ремонтів.

Малий (поточний) ремонт призначений для забезпечення працездатності виробів протягом невеликого проміжку часу (не більше року). Малий ремонт передбачає очищення, регулювання, а також планову примусову заміну найменш довговічних деталей, а в деяких випадках й їх відновлення.

Середній ремонт виконують для відновлення роботоздатності й часткового ресурсу виробів за допомогою заміни або відновлення обмеженого ряду більш довговічних деталей.

Капітальний ремонт виконують для відновлення справності й повного відновлення ресурсу виробів із заміною будь-яких деталей, включаючи базові.

Для проведення технічного обслуговування та ремонту використовують методи дефектоскопії. Дефектоскопія – це процес виявлення дефектів технічного об'єкта.

У ремонтній практиці застосовують такі методи дефектоскопії:

- візуально-оптичний;
- капілярний;
- магнітно-порошковий;
- ультразвуковий, рентгенівський;
- метод випробування тиском.

Візуально-оптичний

Огляд виконують неозброєним оком або за допомогою оптичних приладів. Оглядом виявляють відносно великі тріщини, злами, вм'ятини, риски, викришування антифрикційного шару підшипників, корозійні поразки, значні вигини й скручування, дефекти в шпонкових пазах і зубчастих зачепленнях та інше. Мінімальний розмір дефектів, що виявляють неозброєним оком, становить 0,1-0,2 мм.

Капілярний

Цей метод ґрунтується на явищі капілярного проникнення змочувальної рідини в поверхневі тріщини, пори й корозійні поразки. Наприклад, гасову пробу застосовують для виявлення дефектів картерів, циліндрових гільз і поршнів компресорів, корпусів насосів, зварених швів апаратів. На очищену деталь пудверизатором наносять гас. Потім деталь обдувають стисненим повітрям, протирають і покривають тонким шаром крейди, розведеної водою. Після висихання розчину гас, що залишився в тріщині, проступає на поверхні деталі.

Магнітно-порошковий

Метод використовують для виявлення поверхневих (на глибині не більше 3 мм) тріщин, раковин й інших дефектів у феромагнітних деталях машин. У намагніченій деталі в ділянці дефекту відбувається розсіювання магнітних силових ліній з утворенням місцевого магнітного поля. Зону поля розсіювання виявляють за

допомогою спеціальної магнітної порошкової суспензії. Частинки магнітного порошку на деталі, яка змочена суспензією, осаджуються в зоні поля розсіювання й показують місце дефекту.

Ультразвуковий, рентгенівський

Дані методи можуть бути застосовані для виявлення внутрішніх прихованих дефектів (тріщин, раковин, непровару, неспаювання і т.п.).

Метод випробування тиском

Гідравлічні й пневматичні випробування застосовують для перевірки міцності виробів і для виявлення тріщин, пористості, нещільності поверхонь, що сполучаються. При гідравлічному випробуванні нещільності виявляють за появою течії на поверхні стінок. При пневматичному випробуванні нещільності виявляють за утворенням мильних бульок на поверхнях стінок, зварних швів і з'єднань, попередньо покритих водяним розчином мила.

6.4.3 Технічне діагностування устаткування

Під технічним діагностуванням розуміють визначення стану (ступеня справності й працездатності) устаткування безрозбірними методами.

Діагностування може бути:

- *об'єктивним*, здійснюваним за допомогою контрольно-вимірювальних засобів;
- *суб'єктивним*, проведеним за допомогою органів почуттів виконавця за непрямими ознаками або з використанням найпростіших технічних засобів, які дозволяють лише якісно й орієнтовно оцінити стан устаткування, або на основі експертних оцінок.

Розрізняють такі види діагностики:

- *функціональну* – для оцінки експлуатаційно-технічного стану устаткування за його ефективністю;

- *структурну* – для виявлення несправних елементів устаткування й установлення характеру їхніх дефектів;
- *причинну* (генетичну) – у зв'язку з виниклою відмовою або виявленою несправністю;
- *міцнісну* – для пророкування можливого стану устаткування до певного проміжку часу або наближеного встановлення ресурсу безвідмовної роботи;
- *методичну* – для встановлення раціональних способів усунення несправності елементів обладнання.

Визначення дійсного стану об'єкта передбачає наявність певної сукупності послідовних операцій діагностування у вигляді обгрунтованої програми й алгоритму. При цьому методичну вірогідність результату діагностування визначає повнота вихідної інформації про стан контрольованого об'єкта, вибір показників і порядок їхньої об'єктивної оцінки при визначенні працездатності або виявленні несправностей. Імовірність зниження працездатності устаткування або його елемента в умовах експлуатації можливо визначити, об'єктивно оцінюючи лінійні зношування з'єднань і зазори в з'єднаннях, вібрації, спектральний склад та інтегрований рівень шуму.

До числа способів діагностичного контролю нормальності функціонування технологічного обладнання входять: оцінка ефективності роботи згідно з комплексом механіко-технологічних показників; визначення дійсних витрат енергії при холостому або робочому режимах і зіставлення їх з номінальними; визначення зазорів у рухомих з'єднаннях; визначення температури корпусів підшипників, ступеня нагрівання масла в редукторах, у кожухах ланцюгових і зубчастих передач; оцінка вібраційного й акустичного стану працюючого устаткування за амплітудою, швидкості й прискорення вібраційних переміщень, характеру шуму, його інтегрованого рівня й спектральному складу.

Для термічної індикації несправностей використовують так названі термоіндикаторні фарби, які залежно від температури поверхні змінюють свої кольори. Вимірювання рівня шуму здійснюють шумомірами, віброакустичну діагностику – резонансними стетоскопами. Крім результатів технічної діагностики, при оцінюванні можливого стану устаткування й розроблення заходів щодо підтримування його працездатності на необхідному рівні враховують думку висококваліфікованих операторів машин й апаратів, а також наладчиків і ремонтників.

6.5 Контрольні запитання

1 Класифікація видів технічного обслуговування:

- а) за етапами існування;
- б) за плануванням;
- в) за регламентом виконання;
- г) за умовами проведення.

2 Основні типи технічного обслуговування об'єкта.

Що являє собою кожен із них?

3 Процес випускання масла з апаратів.

4 Процес випускання неконденсованих газів з системи.

5 Процес перевірки системи на герметичність.

6 Процес відтаювання повітроохолоджувачів теплим повітрям.

7 Процес відтаювання електрообігрівом.

8 Процес відтаювання камерних приладів гарячою парою холодоагенту.

9 Основні неполадки при роботі холодильних установок.

10 До чого призводить зниження температури кипіння?

11 До чого призводить підвищення температури конденсації?

12 До чого призводить підвищення температури пари, що нагнітається компресором.

13 Які зношування деталей відносять до нормальних та аварійних?

14 Види зношування деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бытовые холодильники и морозильники: справочник. / Б. С.Бабакин, В. А. Выгодин – 3-е изд., испр. и доп. – Рязань: Узорочье, 2005. – 860 с.
2. Бабакин Б.С. Спиральные компрессоры в холодильных системах: монография. / Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин Рязань: Узорочье, 2003.–379с.
3. Бабакин Б.С. Оборудование, приборы и технические средства для сервиса холодильных систем. / Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин , Кулагин В.Н. - Рязань: Узорочье, 2000.
4. Бабакин Б.С. Диагностика работы малых холодильных компрессоров. / Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин , Кулагин В.Н. - Рязань: Узорочье, 2001.
5. Быков А. В. Теплообменные аппараты. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 248 с.
6. Биков А.В. Холодильные машины и тепловые насосы. / А. В. Быков, И. М. Калнинь, А. С. Крузе – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 287 с.
7. Гиль И.М. Устройство, монтаж, техническое обслуживание и ремонт холодильных установок. / И. М. Гиль, Ю. А. Гринников, В. И. Канторович – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 465 с.
8. Гиль И. М. Устройство, монтаж и техническое обслуживание холодильных установок. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 465 с.
9. Игнатьев В.Г. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования. / В.Г. Игнатьев, А.И. Самойлов – М.: Агропромиздат, 1986.-230 с.
10. Канторович В. И. Надежность малых холодильных машин. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 223 с.
11. Курелев С.Е. Холодильные установки. / Е. С. Курылев, Н. А. Герасимов – Л.: Машиностроение, 1980. – 622 с.

12. Маке В. Учебник по холодильной технике. / В. Мааке, Г. Ю.Эккерт, Ж. Л. Кашпен – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1998. – 1142 с.

13. Мартыновский В. С. Тепловые насосы. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 191 с.

14. Морозюк Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с.

15. Невейкин В. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок. – М.: Агропромиздат, 1989. – 287 с.

16. Онищенко Н. П. Безопасные методы работы при монтаже, наладке, эксплуатации аммиачных холодильных установок. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.

17. Полевой А. А. Монтаж холодильных установок: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2005. – 259 с.

18. Рей Д. Тепловые насосы. / Д. Рей, Д. Макмайл – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.

19. Рудометкин Ф.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок. / Ф. И. Рудометкин, Г. В. Недельский – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 376 с.

20. Руководство по техническому обслуживанию холодильных установок и установок для кондиционирования воздуха: (пер. с итал.) / под редакцией А. Д. Гальперина. – М.: Евроклимат, 2004. – 312 с.

21. Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и в холодильных установках: (пер. с англ.) / под ред. А. Д. Гальперина. – М.: Евроклимат, 2003. – 220 с.

22. Современные холодильники / под редакцией А. В. Родина. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 96 с.

23. Теплообменные аппараты холодильных установок / под ред. Г. Н. Даниловой. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986. – 303 с.

24. Хайнрих Г. Теплонасосные установки для

отопления и горячего водоснабжения. / Г. Хайнрих, Х. Найорк, В. Нестлер – М.: Стройиздат, 1985. – 351с.

25. Холодильные машины / под ред. И. А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510 с.

26. 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: Пальмира, 2006.-552 с.

27. Якобсон В. Б. Малые холодильные машины. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 368 с.

28. Якшаров Б.П. Справочник механика по холодильным установкам. / Б. П. Якшаров, И. В. Смирнова – Л.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.

29. Янговский Е.И. Промышленные тепловые насосы. / Е. И. Янговский, Л. А. Левин – М.: Энергоиздат, 1989.

30. Янговский Е.И. Парокомпрессионные теплонасосные установки./ Е.И. Янговский, Ю.В. Пустовалов – М.: Энергоиздат, 1982.

31. ПБ 09-595-03 «Правила безопасности аммиачных холодильных установок», Госгортехнадзор РФ, 9.06.03, № 79.

32. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации фреоновых холодильных установок. ПОТ Р М 015-2000. Изд-во УПЦ "Талант".– 2001.- 56 с.

33. ДСТУ EN 1861:2005. Холодильні установки та теплові насоси. Структурні схеми систем, схеми трубопроводів та функціональні схеми. Кресленики та позначки (EN 1861:1998, IDT).

34. Руководство для монтажников. -М.: Данфос, 2006.-212 с.

ДОДАТОК А (за ДСТУ EN 1861:2005) [33]

(довідковий)

Позначення на принципових схемах запірно-регулюючої апаратури та засобів автоматизації

Позначення		Розшифрування позначення
1		Холодоагент, розчин холодоагенту; основне коло
2		Холодоагент; вторинне коло
3		Теплообмінне середовище
4		Охолоджувальна вода для випаровувача
5		Інші речовини (наприклад, масло)
6		Продукт нагрівання або охолодження (включаючи воду)
7		Потік/рух у напрямку стрілки
8		Стрілка для впускально- випускального клапана для основних речовин
9		Трубопровід, що його нагрівають або охолоджують
10		Трубопровід заізольований
11		Сигнальна лінія
12		Лінія збуджування
13		Капілярна трубка
14		Гнучкий трубопровід
15		Клапан загальний, відкритий за нормальної експлуатації
16		Клапан загальний, закритий за нормальної експлуатації

Продовження додатка А

17		Кульковий клапан
18		Кульовий клапан
19		Шибєрний клапан
20		Бєзперешкодний перекривальнє-випускальний клапан, захищений вїд навмисного збуджування
21		Кутовий клапан, загальний
22		Триходовий клапан, загальний
23		Кутовий клапан, захищений проти навмисного збуджування
24		Чотириходовий клапан, загальний
25		Поворотна заслінка
26		Зворотний клапан, загальний
27		Штовхальний зворотний клапан
28		Кутовий зворотний клапан
29		Шарнїр зворотного клапана
30		Клапан зї сталим режимом керування
31		Прямий кульковий клапан зї сталим режимом керування
32		Шибєрний клапан зї сталим режимом керування
33		Поворотна заслінка зї сталим режимом керування
34		Убєзпечувальний клапан. Груба лїнія показує впускальний бїк клапана

Продовження додатка А

35		Розривальна мембрана. Опуклість показує впускальний бік клапана
36		Привод, загальний зі збуджуванням за допомогою енергії або автоматичний
37		Електромоторний привід
38		Соленоїдний привід
39		Поршневий привід
40		Діафрагмовий привід
41		Скеровано робочим тиском, що діє проти власної ваги
42		Скеровано робочим тиском, що діє проти пружин
43		Привід поплавцевого клапана
44		Ручний привід
45		Трубопровідний компенсатор
46		Редуктор загальний
47		Розтруб
48		Випускання в атмосферу
49		Роз'єднувальне з'єднання
50		Оглядове скло

Продовження додатка А

51		Оглядове скло з гігрометром
52		Глушник
53		Вимірювальна діафрагма
54		Конденсаційний горщик
55		Поплавцевий клапан низького тиску (відкривається при падінні рівня)
56		Поплавцевий клапан високого тиску (відкривається в разі зростання рівня)
57		Посудина, загальне зображення
58		Колона, загальна; посудина з внутрішньокорпусними пристроями, загальна
59		Посудина з тарілками, загальна; колона з піддоном, загальна
60	Пристрої нагрівання або охолодження, загальні	
61		Запалювальна система, форсунка
62		Теплообмінник з перехрещеними лініями зв'язку
63		Теплообмінник без перехрещення ліній зв'язку
64		Стояк водяного охолодження, загальний
65		Пучок труб з теплообмінним покриттям і теплообмінник трубчастого типу із зафіксованими трубчастими пластинами
66		Пучок з плавальною головою

Продовження додатка А

67		Пучок з U-труб
68		Теплообмінник типу «труба в трубі»
69		Теплообмінник зі шлангом
70		Форсунковий холодильник
71		Теплообмінник з ребристою трубою
72		Пластинчастий теплообмінник
73		Теплообмінник спірального типу
74		Паровий котел
75		Фільтр загальний; фільтрувальне устаткування, загальне
76		Рідинний фільтр, загальний
77		Газовий фільтр, загальний; повітряний фільтр, загальний
78		Фільтр з нерухомим шаром наповнювача, наприклад, фільтр вологовідділювач
79		Патронний фільтр
80		Фільтр з активованим вугіллям
81		Рукавний фільтр; патронний фільтр для газів
82		Сепаратор загальний
83		Ударний сепаратор
84		Змішувач, загальний

Продовження додатка А

85		Пропелерний змішувач
86		Насос загальний; стрілка показує напрямок потоку
87		Відцентровий насос
88		Зворотно-поступальний насос
89		Діафрагмовий насос
90		Шестерений насос
91		Гвинтовий насос
92		Рідинно-струминний насос
93		Компресор загальний; вакуумний насос, загальний
94		Поршневий компресор, зворотно-поступальний вакуумний насос
95		Обертвий поршневий компресор, обертвий поршневий вакуумний насос
96		Турбокомпресор, турбовакуумний насос
97		Спіральний компресор
98		Ротаційний пластинчатий компресор, ротаційний компресор, роликів лопатевий вакуумний насос
99		Гвинтовий компресор
100		Рідинний кільцевий компресор, рідинний кільцевий вакуумний насос
101		Ежекторний компресор, ежекторний вакуумний насос

Продовження додатка А

102		Вентилятор, загальний
103		Радіальний вентилятор
104		Осьовий або пропелерний вентилятор
105		Неперервний конвеєр, загальний
106		Стрічковий транспортер, загальний
107		Розподільчий пристрій для плинних середовищ; розпилювальна насадка
108		Привід загальний
109		Електродвигун загальний
110		Двигун внутрішнього згорання
111		Гідропривід
112		Пневмопривід
113		Привід з розширенням робочої рідини, турбіна

АЛФАВІТНИЙ НОКАЖЧИК

- Агент холодильний 50, 56, 60, 73-74, 86, 102
- аміак 47, 52, 75-80
 - фреон 52, 82
- Апарат теплообмінний 41-46, 109
- вертикальний циліндричний 44-46
 - горизонтальний циліндричний 42-44
- База установочна 31
- опорна 31
 - перевірна 31
- Байпасування 94, 107
- Батарея колекторна 47-50
- пристінна 47-50
 - стельова 47-50
- Болт 27-30
- анкерний 27, 28, 47
 - фундаментний 27-30, 35, 46, 47, 56
- Вентиль терморегулюючий 60, 61, 122-125
- Вентиляція 13
- Вібрація 14, 104, 119
- Відтаювання 52, 154-157
- Герметичність 68, 71, 153-154
- Градирня 53-55
- вентиляторна 52, 53
 - плівкова 52
- Документація проектно-технічна 17, 20-23
- виконавча 22, 23
 - первинна 21
 - проміжна 21, 22
- Дефектоскопія 166-168
- Дроселювання 94, 107
- Зношування 161-165
- аварійне 162-165
 - нормальне 162

- Ізоляція тепла 52, 62-66, 129
- Компресор 7, 11, 28, 31, 34-36, 72, 73, 81-84, 86-90
- гвинтовий 95-101
 - поршневий 86-94
 - герметичний 86-88
 - напівгерметичний 88-90
 - спіральний 101-109
- Манжетка ущільнювальна 126
- Насос 11, 34, 52, 55-56, 81
- водяний 52, 55, 90, 97
 - розсільний 136
 - холодоносія 55, 91, 97
- Обслуговування технічне 8, 142, 144-145, 166
- оперативне 144
 - періодичне 144
 - планове 144, 145
 - регламентне 144, 145
- Огляд технічний 13, 68, 69, 71, 141-143, 145
- Опора 23
- Організація будівельна 15, 16
- електромонтажна 16
 - монтажна 15-18
 - провідна будівельна 15, 16
 - спеціалізована 16
- Освітлення 13
- Повітровіддільник 148-149
- Реле 112-121
- контролю змащування 119-120
 - поплавкове рівня 120-121
 - температури 91, 112-115
 - тиску 115
 - високого 115-116
 - двоблокове 115, 117
 - низького 91, 115-116

Ремонт 165-168
Рівень шуму 14
Станція регулююча 58, 59, 75-76, 80, 148
Температура 109-112

- кипіння 110, 157
- конденсації 110-111, 158
- перегріву 111
- переохолодження 111

Течешукач 154
Установка теплонасосна 7, 10, 127, 140

- водо-водяна 127, 138-140
- повітряно-водяна 127-134
- розсільно-водяна 127, 135-138

Установка холодильна 13, 52, 73-74, 77-80, 86, 109, 150
Фільтр 59-61, 83

- грязевловлювач 59, 61-62
- осушувач 59-61

Фундамент 23, 24, 29-31, 55

- віброізоляційний 23, 25-26
- збірно-монолітний 23-25
- монолітний 23-25

Холодоносій 56, 72
Холодопродуктивність 73, 91, 92, 93, 99, 106-107
Щільність 68, 71, 72