

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут
Запорізького національного університету

О. Г. Добровольська

НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ

Конспект лекцій

для здобувачів вищої освіти бакалавра

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної
програми

«Міські інженерні мережі»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол №_ від
_____ р.

Запоріжжя

2021

УДК 628.1/.2(075)

Д 560

Добровольська О. Г. Насосні та повітродувні станції : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 91 с.

В рукопису подано в систематизованому вигляді стислий виклад курсу лекцій дисципліни «Насосні та повітродувні станції», теоретичні основи проектування насосних та повітродувних станцій на території населених міст, нормативні документи з влаштування та компоновки насосного обладнання, зроблено акцент на устрої насосних та повітродувних станцій. Містить ілюстративний (рисунки, схеми) і табличний матеріали.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Міські інженерні мережі».

Рецензенти:

Є. А. Манідіна,

кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони праці
Запорізького національного університету

О.О. Троїцька,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони праці
Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск

А. В. Банах, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва і архітектури

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Загальні відомості про насосні станції	7
Тема 1.1 Класифікація насосних станцій	7
1.1.1 Загальна класифікація насосних станцій	7
1.1.2 Класифікація водопровідних насосних станцій	8
1.1.3 Класифікація каналізаційних насосних станцій	8
1.1.4 Сфери застосування насосів, класифікація	9
Тема 1.2 Принципові схеми розташування насосних станцій в системах водопостачання та водовідведення	10
1.2.1 Схеми розташування насосних станцій першого підйому	10
1.2.2 Схеми розташування насосних станцій другого підйому	12
1.2.3 Схеми розташування підвищувальних та циркуляційних насосних станцій	12
1.2.4 Схеми розташування каналізаційних насосних станцій	13
Розділ 2 Особливості насосних станцій.....	14
Тема 2.1 Особливості влаштування водопровідних насосних станцій різного призначення	14
2.1.1 Особливості влаштування насосних станцій першого підйому.....	15
2.1.2 Особливості влаштування насосних станцій другого підйому.....	15
2.1.3 Особливості влаштування циркуляційних насосних станцій.....	16
2.1.4 Особливості влаштування насосно-компресорних станцій.....	16
2.1.5 Особливості влаштування насосних станцій підкачки.....	17
Розділ 3. Насосні станції першого підйому з поверхневих джерел.....	18
Тема 3.1. Особливості проєктування насосних станцій 1 підйому з поверхневих джерел	18
3.1.1 Режим роботи і подача насосних станцій першого підйому.	18
3.1.2 Напір насосних станцій першого підйому.....	20
3.1.3 Протипожежні насоси на станціях першого підйому.....	20
3.1.4 Розміщення насосних агрегатів на станціях першого підйому.....	22
Тема 3.2 Проєктування водоводів насосних станцій першого підйому.....	23
3.2.1 Всмоктувальні трубопроводи.....	23
3.2.2 Напірні трубопроводи насосних станцій.....	25
3.2.3 Схеми перемикачів усмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому.....	26
3.2.4 Споруди насосних станцій першого підйому.....	27
3.2.5 Приклади улаштування насосних станцій першого підйому на поверхневих джерелах.....	28
Розділ 4 Насосні станції першого підйому з підземних джерел.....	31
Тема 4.1 Особливості проєктування насосних станцій I підйому з підземних джерел	31
4.1.1 Загальна схема водозабірної споруди першого підйому.....	31
4.1.2 Режим роботи, визначення подачі та напору.....	31

4.1.3 Приклади насосних станцій (установок) першого підйому на підземних джерелах	33
Тема 4.2 Параметри роботи насосних станцій	36
4.2.1 Головні робочі параметри.....	36
4.2.2 Теоретичні основи розрахунку робочих параметрів.....	37
4.2.3 Розташування насосів у машинному залі станцій.....	39
4.2.4 Кавітація в насосах	40
Розділ 5. Насосні станції другого підйому.....	43
Тема 5.1 Насосні станції 2 підйому	43
5.1.1 Режими роботи і подача насосних станцій другого підйому.....	43
5.1.2 Визначення напору насосних станцій другого підйому.....	45
5.1.3 Протипожежні та спеціальні насоси станцій другого підйому.....	47
5.1.4 Розміщення насосного устаткування на станціях другого підйому	48
Тема 5.2 Будівлі водопровідних насосних станцій	49
5.2.1 Загальні вимоги до будівель насосних станцій.....	49
5.2.2 Основні типи будівель насосних станцій.	50
5.2.3 Підземна частина будівель насосних станцій.	51
5.2.4 Верхня частина будівель насосних станцій.....	52
Розділ 6 Обладнання насосних станцій	54
Тема 6.1 Системи технічного водопостачання та обладнання насосних станцій	54
6.1.1 Склад обладнання насосних станцій.....	54
6.1.2 Трубопровідна арматура, труби та фасонні частини.....	55
6.1.3 Вантажопідйомне обладнання.....	57
6.1.4 Системи технічного водопостачання насосних станцій.....	59
6.1.5 Системи осушення та видалення осаду з водоприймальних камер.....	60
6.1.6 Контрольно-вимірювальна апаратура насосних станцій.....	60
Тема 6.2 Вибір основного обладнання насосних станцій	62
6.2.1 Вибір типу та кількості насосів. Резервування насосного обладнання.....	62
6.2.2 Системи заливки насосів.....	63
6.2.3 Підбір електродвигунів.....	64
6.2.4 Схеми розташування насосних агрегатів в машинних залах.....	65
6.2.5 Принцип визначення габаритних розмірів машинних залів насосних станцій.....	68
Розділ 7 Проектування машинного залу насосної станції	68
Тема 7.1 Внутрішнє облаштування водопровідних насосних станцій	68
7.1.1.Визначення розрахункових позначок насосів, фундаментів та підлоги.....	69
7.1.2 Визначення розмірів машинного залу по висоті.....	70
7.1.3 Розрахунок та конструювання всмоктувальних трубопроводів.....	72
7.1.4 Розрахунок та конструювання напірних трубопроводів.....	74

7.1.5 Схеми перемикачів на внутрішніх трубопроводах насосних станцій.....	75
7.1.6 Характерні схеми влаштування трубопроводів станцій I та II підйому.....	75
Розділ 8 Насосні станції водовідведення. Повітрودувні станції	77
Тема 8.1 Загальні відомості про каналізаційні насосні станції	77
8.1.1 Класифікація та схеми каналізаційних насосних станцій.....	77
8.1.2 Вибір місця розташування каналізаційних насосних станцій..	79
8.1.3 Визначення режиму роботи та подачі каналізаційних насосних станцій.....	79
8.1.4 Аналіз режиму роботи каналізаційних насосних станцій.....	80
Тема 8.2 Визначення основних розрахункових параметрів каналізаційних насосних станцій	81
8.2.1 Визначення ємності приймального резервуару.....	82
8.2.2 Визначення кількості насосних агрегатів каналізаційних насосних станцій.....	82
8.2.3 Визначення напору насосів каналізаційних насосних станцій.....	83
8.2.4 Класифікація повітрودувних станцій.....	83
8.2.5 Основні елементи компресорної установки.....	85
Використана література.....	87

ВСТУП

Інженерна практика показує, що фахівці у сфері будівництва та цивільної інженерії вирішують задачі, пов'язані з перекачуванням і транспортуванням води. Тому раціональні методи проєктування насосних станцій є одним із головних складових розширення виробничих потужностей будівельної галузі та покращення інфраструктури міста. Теоретичний матеріал, який викладається у конспекті, сприятиме засвоєнню необхідних знань для формування розвитку професійних навичок вирішення завдань з транспортування рідини в міських системах водопостачання, теплопостачання та водовідведення, дотримання технологічних параметрів на всіх стадіях будівництва насосних та повітродувних станцій. Раціональні методи проєктування насосних станцій, грамотний вибір насосного обладнання є одним із головних складових вирішення задач, направлених на розвиток виробничої інфраструктури міст.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Насосні та повітродувні станції» є засвоєння теоретичних знань з основ проєктування насосних та повітродувних станцій, набуття навичок і умінь з розрахунків та підбору обладнання та компоновання машинних залів насосних станцій, вироблення компетентностей з розробки проєктної документації та вибору насосного обладнання; вивчаються інженерні заходи, пов'язані з експлуатацією обладнання насосних та повітродувних станцій, що є необхідною умовою розвитку інфраструктури міського господарства.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Насосні та повітродувні станції» є:

- ознайомитися з особливостями улаштування насосних станцій першого та другого підйому, циркуляційних насосних станцій, повітродувних станцій;
- набути навичок із основних принципів компоновання насосного обладнання в машинному залі;
- навчитися вибирати необхідне обладнання для забезпечення заданої продуктивності насосних і повітродувних станцій;
- набути навичок з розрахунку техніко-економічних показників роботи насосних станцій.

Курс «Насосні та повітродувні станції» є логічним продовженням дисципліни «Технологія будівельного виробництва», «Гідравлічні та аеродинамічні машини». Набуті при вивченні даного курсу знання стануть у пригоді студентам під час проходження виробничої практики за освітньо-професійною програмою. Питання, пов'язані з особливостями будівництва та устаткування насосних станцій першого підйому на поверхневих та підземних джерелах води, розглянуті у перших чотирьох розділах. З п'ятого по восьмий розділ розглядаються питання, пов'язані з проєктуванням насосних станцій другого підйому, каналізаційних та повітродувних станцій.

Конспект лекцій написано у відповідності до робочої програми дисципліни «Насосні та повітродувні станції».

Розділ 1. Загальні відомості про насосні станції

Тема 1.1 Класифікація насосних станцій

Мета вивчення теми: ознайомитися із різними типами водопровідних і каналізаційних насосних станцій, засвоїти теоретичні знання про різні сфери застосування насосного обладнання, а також конструктивні особливості насосних станцій різних типів.

План

- 1.1.1 Загальна класифікація насосних станцій.
- 1.1.2 Класифікація водопровідних насосних станцій.
- 1.1.3 Класифікація каналізаційних насосних станцій.
- 1.1.4 Сфери застосування насосів, класифікація.

 **Ключові терміни:** циркуляційні насосні станції; підвищувальні насосні станції; водопровідні насосні станції; каналізаційні насосні станції.

1.1.1 Насосними станціями називають будівлі або приміщення, в яких розташовані насосні агрегати та трубопроводи, арматура, силове обладнання, контрольно-вимірювальна апаратура, вантажопідйомне та допоміжне обладнання, що забезпечують нормальну роботу насосних агрегатів у розрахунковому режимі, а також їх ремонт та заміну. Насосні станції є найвідповідальнішим елементом систем водопостачання та водовідведення [6]. Від їх надійності та економічності залежать надійність та економічність систем водопостачання або водовідведення в цілому.

Насосні станції класифікують за багатьма ознаками.

За призначенням вони можуть бути [2]:

- а) водопровідними;
- б) каналізаційними.

Як водопровідні, так і каналізаційні насосні станції розділяють на декілька типів за такими ознаками [31]:

1) за характером основного обладнання:

- а) станції з відцентровими горизонтальними або вертикальними насосами;
- б) станції з осьовими і діагональними горизонтальними або вертикальними насосами;
- в) станції з об'ємними насосами;
- г) станції з водопідіймачами різних типів.

2) За розташуванням лопатевих насосів відносно рівня води в приймальному резервуарі або у підводовому колекторі:

- а) станції, в яких насоси встановлені з позитивною висотою всмоктування;
- б) станції, в яких насоси встановлені з підпором.

3) За розташуванням обладнання відносно поверхні землі:

- а) наземні;
- б) частково заглиблені (3 – 4 м);
- в) заглиблені, або шахтні (~8 м).

4) За характером управління:

- а) станції з ручним управлінням – в них всі операції по вимиканню та вмиканню агрегатів виконуються обслуговуючим персоналом;
- б) напівавтоматичні – в них автоматизована система управління агрегатами вмикається оператором з пульта управління;
- в) автоматичні – в таких станціях система автоматики вмикається та вимикається від сигналів первинних датчиків (тиску, рівня, тощо);
- г) станції з дистанційним управлінням – в них агрегати вмикаються та вимикаються з центрального диспетчерського пункту, розташованого на значній відстані від станції.

1.1.2 Водопровідні насосні станції призначені для роботи в системах водопостачання населених місць та промислових підприємств. Вони діляться на групи в залежності від ряду ознак. Так за розташуванням в загальній схемі системи водопостачання та призначенням розрізняють насосні станції [28]:

- а) першого підйому;
- б) другого підйому;
- в) підвищувальні (станції підкачки);
- г) циркуляційні.

Насосні станції першого підйому призначені для подачі води з джерела водопостачання на очисні споруди або, якщо очистка не потрібна, безпосередньо в мережу чи резервуари споживача.

Насосні станції другого підйому призначені для подачі очищеної води з резервуарів чистої води у водоводи або розподільну мережу.

Підвищувальні насосні станції (станції підкачки) призначені для підвищення напору в мережах окремих районів міста або на окремих ділянках районних водопроводів. Ці насосні станції забирають воду з водоводів або розподільної мережі.

Циркуляційні насосні станції влаштовують в оборотних системах водопостачання промислових підприємств та теплових електростанцій. Як правило, на таких насосних станціях встановлюють дві групи насосів: перша подає воду на охолоджувальні (або очисні) споруди, а друга – забирає її з резервуарів охолодженої (або очищеної) води та подає в технологічний цикл.

Залежно від характеру об'єктів, що обслуговуються, розрізняють [2]:

- а) насосні станції господарсько-питних водопроводів;
- б) виробничі насосні станції.

3. Залежно від ступеня надійності насосні станції ділять на [7, п.16.3]:

- а) станції першої категорії – перерва в подачі води неприпустима;
- б) станції другої категорії – можлива перерва в подачі води на час, за який обслуговуючий персонал встигне запустити резервні агрегати;
- в) станцій третьої категорії – допускається перерва в подачі води на термін, достатній для ліквідації аварії, але не більше 24 годин.

1.1.3 Каналізаційні насосні станції призначені для роботи в системах водовідведення. За призначенням розрізняють насосні станції для перекачки

побутових стічних вод та насосні станції для перекачки виробничих стічних вод [5].

В свою чергу насосні станції перекачки побутових стічних вод залежно від системи каналізації ділять на такі типи:

- а) насосні станції загальносплавних систем;
- б) насосні станції напівроздільних систем;
- в) насосні станції роздільних систем;
- г) насосні станції для перекачки атмосферних вод.

Як в системах господарсько-побутової, так і виробничої каналізації, застосовуються насосні станції для перекачки мулу та осаду.

За функціями, які насосні станції виконують в загальній схемі системи каналізації, їх ділять на головні та районні.

Головні насосні станції призначені для перекачування стічних вод від всього населеного пункту або промислового підприємства на очисні споруди або в головний магістральний колектор.

Районні насосні станції призначені для перекачування стічних вод від окремих районів населеного пункту або підрозділів промислового підприємства на очисні споруди або в розташований вище колектор іншого басейну каналізування стічних вод.

За розташуванням приймального резервуару відносно машинного залу розрізняють:

- а) насосні станції з роздільним розташуванням резервуара;
- б) сумісні насосні станції, в яких в одній будівлі знаходяться машинний зал і резервуар з решітками та іншим обладнанням.

1.1.4 В окремих випадках насоси першого і другого підйомів можуть розташовуватися в одному будинку. Підвищувальні станції призначені для підвищення напору в мережі (окремі багатопверхові будинки, райони із багатопверховою забудовою, зонні водопроводи, водопроводи промислових підприємств). Циркуляційні станції є елементами системи технічного водопостачання (промислових підприємств, теплоелектростанцій). Насосні станції систем комунального водопостачання за ступенем забезпечення подачі води поділяють на три категорії [20, 31].

1) Допускається зниження подачі на господарсько-питні потреби не більше ніж на 30%, а на виробничі – до межі, установленної аварійним графіком, тривалість зниження подачі – не більше 3 діб. Перерва в подачі води або зниження подачі за встановлену межу – не більш ніж 10 хв.

2) Зниження подачі води такі ж, що й для станцій I категорії, але тривалість не повинна перевищувати 10 діб. Перерва в подачі води або її зниження допускається не більше, ніж на 6 год.

3) Зниження подачі води такі ж, що й для станцій I категорії, але тривалість не повинна перевищувати 15 діб, а перерва в роботі – 24 год.

За типом будівель насосні станції поділяються на наземні, заглиблені та глибокі (шахтні) .

За характером керування станції бувають із ручним керуванням; напівавтоматичні, коли автоматизована система вмикається оператором з пульта керування; автоматичні, на яких система автоматики станції вмикається і вимикається від первинних сигналів, отриманих від датчиків (тиску, рівня); з керуванням на відстані, коли вмикання, вимикання агрегатів, контроль за роботою станцій виконується з центрального диспетчерського пункту.

? Питання для самоконтролю

1. Які будівлі називають насосними станціями?
2. Як класифікують насосні станції водопостачання за призначенням?
3. Як класифікують насосні станції за розташуванням лопатевих насосів відносно рівня води?
4. Для чого призначені насосні станції першого підйому?
5. Для чого призначені насосні станції другого підйому?

Тема 1.2 Принципові схеми розташування насосних станцій в системах водопостачання та водовідведення

Мета вивчення теми: ознайомитися зі схемами розташування насосних станцій різних типів, засвоїти теоретичні знання про особливості компонування елементів насосних станцій різних типів, систематизувати знання щодо принципів вибору схем насосних станцій.

План

- 1.2.1 Схеми розташування насосних станцій першого підйому.
- 1.2.2 Схеми розташування насосних станцій другого підйому.
- 1.2.3 Схеми розташування підвищувальних та циркуляційних насосних станцій.
- 1.2.4 Схеми розташування каналізаційних насосних станцій.

 **Ключові терміни:** водозабірні споруди; схеми компоновки; підвищувальні насосні станції; циркуляційні насосні станції; резервуари чистої води.

1.2.1 Місце розташування насосної станції в загальній схемі системи водопостачання або водовідведення залежить від її призначення та місцевих природних умов

Насосні станції першого підйому входять до складу водозаборів або очисних споруд системи водопостачання, тому їх особливості визначаються видом та характеристиками джерела водопостачання.

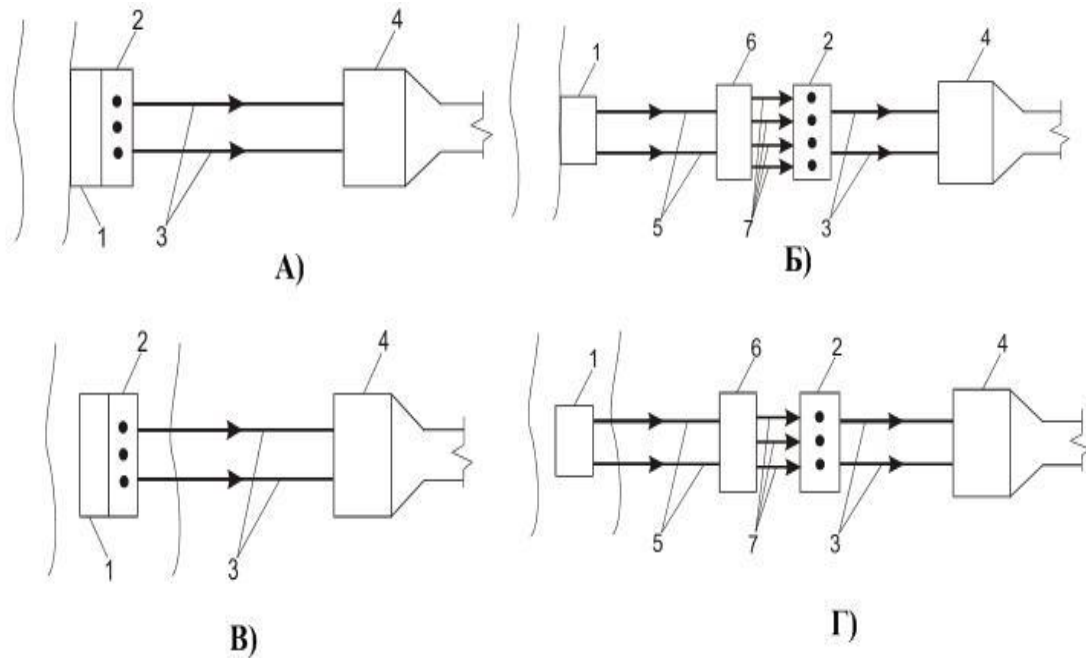
До складу насосних станцій першого підйому, які забирають воду у відкритого джерела, входять:

- 1) водозабірна споруда;
- 2) споруди для транспортування води від водозабору до водоприймальної споруди насосної станції;
- 3) водоприймальна споруда;

- 4) всмоктувальні трубопроводи;
- 5) будівля насосної станції з необхідним гідромеханічним, енергетичним та допоміжним обладнанням;
- 6) напірні трубопроводи;
- 7) водовипускна споруда.

Залежно від природних, експлуатаційних та виробничих умов деякі з цих споруд можуть бути об'єднані, а деяких може не бути взагалі.

На рис. 2.1.1 показано різні принципові схеми компоновки насосних станцій [31].



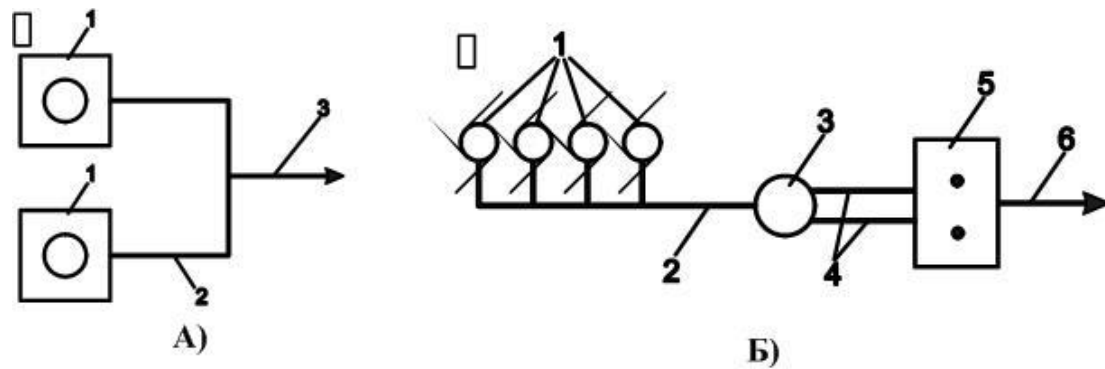
1 – водозабірна споруда; 2 – будівля насосної станції; 3 – напірні трубопроводи; 4 – водовипуск; 5 – водоводи; 6 – водоприймач; 7 – всмоктувальні труби

Рисунок 2.1.1 – Принципові схеми компоновки насосних станцій

До складу водозаборів підземних вод, як правило, входять [7, п. 9.1.2]:

- 1) водоприймальні пристрої – свердловини, шахтні колодязі, променеві водозабори, горизонтальні водозабори, каптажі;
- 2) насоси;
- 3) трубопроводи, що з'єднують окремі споруди з насосною станцією або з водоводами.

Залежно від сумарної подачі насосної станції, потужності водоносного пласта та глибини його залягання можливі схеми індивідуального водозабору, групового водозабору (рис. 1.2.2) [31].

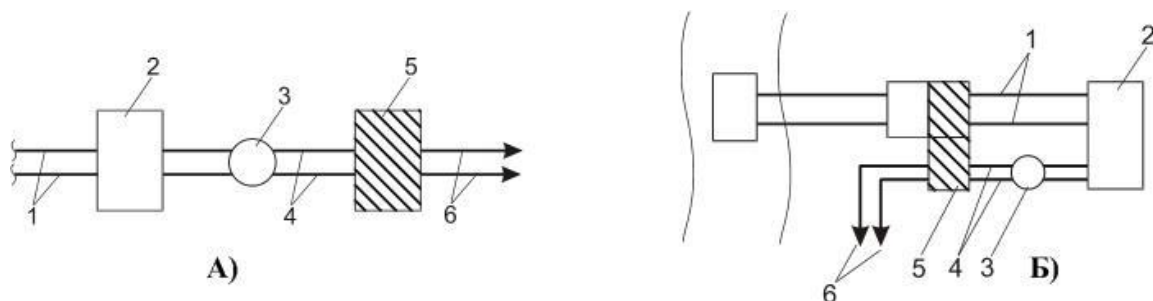


1 – свердловини; 2 – самопливний трубопровід; 3 – збірний колодязь;
4 – всмоктувальні труби; 5 – насосна станція; 6 – напірний трубопровід

Рисунок 1.2.2 – Схеми насосних станцій: А) індивідуального водозабору;
Б) групового водозабору

1.2.2 Насосні станції другого підйому, як правило, знаходяться на порівняно великій відстані від джерела водопостачання. Їх розташування не залежить від характеристик джерела (коливань рівня води, льодового режиму, наявності плаваючих та донних забруднень, тощо). Ці обставини дозволяють значно спростити схему компоновки обладнання станцій [32].

В більшості випадків насосна станція другого підйому є елементом очисних споруд водопідготовки [14]. Традиційна схема розташування станції має такий вигляд, як показано на рис. 1.2.3, А.



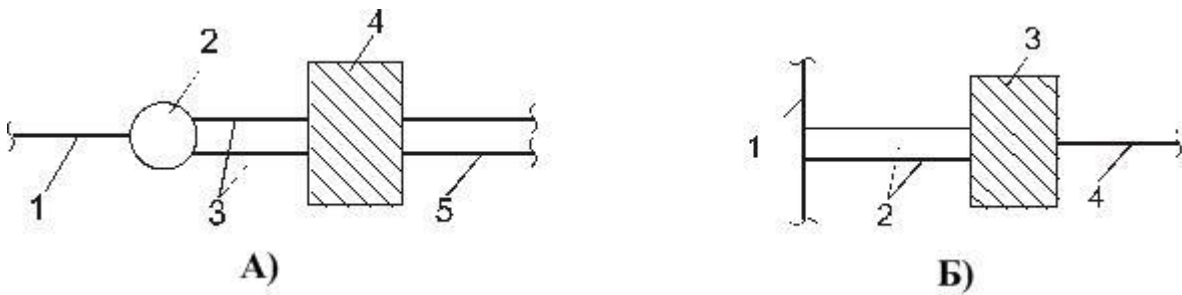
1 – водоводи першого підйому; 2 – очисні споруди; 3 – резервуар чистої води;
4 – всмоктувальні труби; 5 – насосна станція другого підйому; 6 – напірні водоводи

Рисунок 1.2.3 – Схеми насосних станцій другого підйому

Якщо очисні споруди водопідготовки знаходяться поруч з насосною станцією першого підйому, то обидві насосні станції для зручності експлуатації можуть бути об'єднані в одній будівлі (рис. 1.2.3,Б).

1.2.3 Принципові схеми компоновки споруд підвищувальних насосних станцій визначаються типом водоводу та витратою потоку, що транспортується [31].

При транспортуванні води по напірним трубопроводам застосовують дві схеми влаштування станцій підкачки, як показано на рис. 1.2.4.

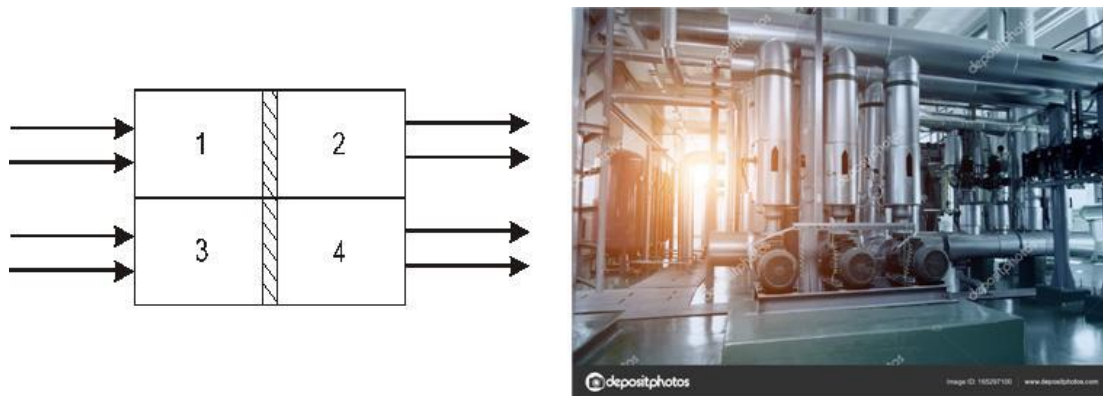


А) 1 – самопливний водовід; 2 – резервуар; 4 – насосна станція; 3, 5 – всмоктувальні та напірні водоводи. Б) 1 – магістральний водовід; 2, 4 – всмоктувальні та напірні водоводи; 3 – насосна станція

Рисунок 1.2.4 – Схеми влаштування станцій підкачки: А) з проміжним резервуаром; Б) без проміжного резервуара

Схема без проміжного резервуару (рис.1.2.4, Б) проєктується, коли вода забирається з великих водоводів або магістральних ліній, що забезпечують роботу насосів з підпором при будь-яких режимах роботи системи.

Циркуляційні насосні станції застосовують в оборотному водопостачанні теплових електростанцій та промислових підприємств для створення циркуляції води в системах охолодження машин та агрегатів. Їх влаштовують за такою схемою, показаною на рис. 1.2.5.

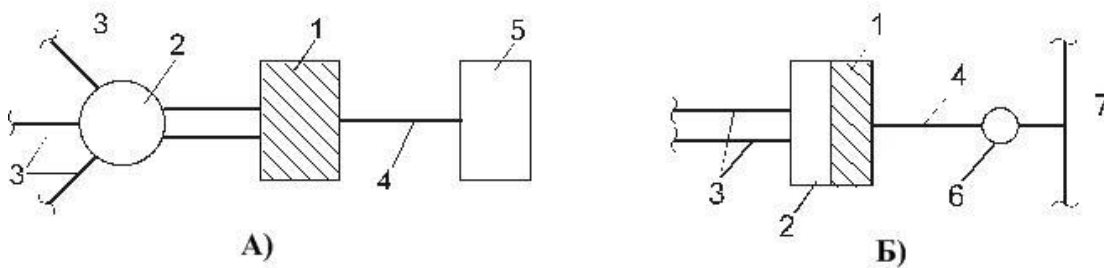


1 – резервуар охолодженої води; 2 – група насосів холодної води; 3 – резервуар теплої води; 4 – група насосів теплої води

Рисунок 1.2.5 – Циркуляційна насосна станція

1.2.4 Схема розташування каналізаційної насосної станції визначається її призначенням.

Головна насосна станція подає стічну воду на очисні споруди і влаштовується за схемою, яка показана на рис. 1.2.6, А.



1 – насосна станція; 2 – приймальний резервуар; 3 – самопливні колектори;
4 – напірний трубопровід; 6 – приймальний колодязь; 7 – магістральний колектор

Рисунок 1.2.6 – Схеми каналізаційних насосних станцій: А) головна насосна станція; Б) районна насосна станція

Районна каналізаційна насосна станція, що перекачує стічну воду в магістральний колектор, влаштовується за схемою, яка показана на рис. 1.2.6, Б.

? Питання для самоконтролю

1. Для чого призначені насосні станції підкачки?
2. Як класифікують каналізаційні насосні станції за призначенням?
3. Які пристрої належать до водоприймальних?
4. Чим визначаються принципові схеми компоновки споруд підвищувальних насосних станцій?
5. В яких випадках проектується схема насосної станції без проміжного резервуару?

Розділ 2. Особливості насосних станцій

Тема 2.1 Особливості влаштування водопровідних насосних станцій різного призначення

Мета вивчення теми: розширити знання щодо принципів улаштування насосних станцій; засвоїти особливості улаштування підземної частини насосних станцій; систематизувати знання щодо вибору устаткування насосних станцій.

План

- 2.1.1 Особливості влаштування насосних станцій першого підйому.
- 2.1.2 Особливості влаштування насосних станцій другого підйому.
- 2.1.3 Особливості влаштування циркуляційних насосних станцій.
- 2.1.4 Особливості влаштування насосно-компресорних станцій.
- 2.1.5 Особливості влаштування насосних станцій підкачки.

 **Ключові терміни:** заглиблені насосні станції; всмоктувальні трубопроводи; висота всмоктування; фідери; насосно-компресорні станції.

2.1.1 Насосні станції першого підйому, зазвичай, влаштовують заглибленими. Підземну частину будують із залізобетону і ретельно ізолюють від ґрунтових вод. В плані ці будівлі можуть бути круглими або прямокутними. Круглі в плані станції зручно будувати опускним методом, тому станції такої форми влаштовують при великому заглибленні. Оскільки розташовувати в них насосне обладнання менш зручно порівняно з прямокутними, круглі будівлі використовують лише при невеликій кількості насосних агрегатів (3 – 5). При більшій кількості насосів будують прямокутні станції.

Насосні станції першого підйому важливо розширювати в процесі експлуатації, тому їх будують з урахуванням подальшого розвитку системи водопостачання і можливості розташування додаткового або потужнішого обладнання. На насосних станціях першого підйому часто встановлюють два робочих насосних агрегати та один або два резервних.

Насосні станції першого підйому, заглиблені більше, ніж на 4–5 м, доцільно обладнувати вертикальними насосами з електродвигунами, розташованими на рівні землі. При цьому можна значно зменшити площу машинного залу і, крім того, покращити умови роботи електродвигунів [22].

Як правило, в насосних станціях першого підйому влаштовують окремі всмоктувальні лінії для кожного насосу. Всмоктувальні трубопроводи між водоприймачем колодязем та будівлею насосної станції часто прокладають в галереях. В місцях примикання галереї до будівлі влаштовують герметичний шов. Розміри галереї (ширину та висоту) встановлюють з розрахунку такого розташування труб, при якому між ними, а також між стінами галереї і трубами була б відстань не менше 0,3 м для можливості проведення монтажних та ремонтних робіт. Глибина закладання труб приймається з урахуванням промерзання ґрунту [15].

Якщо труби перетинають стіну заглибленої станції, то в місцях майбутніх перетинів при бетонуванні стін закладають ребристі патрубки, які забезпечують герметичність конструкції перетину.

Всі трубопроводи, як в насосній станції так і поза її межами (прокладені у ґрунті), захищають від зовнішньої корозії відповідною ізоляцією.

2.1.2 Насосні станції другого підйому влаштовують або незаглибленими (підлога машинного залу знаходиться на рівні землі), або напівзаглибленими (підлога машинного залу знаходиться на 2–3 м нижче поверхні землі). Необхідну величину заглиблення підлоги насосної станції визначають з умови, щоб висота всмоктування не перевищувала значення, допустимого для даного типу насосів.

Незаглиблені насосні станції простіші та економічніші заглиблених, але не завжди забезпечують припустиму висоту всмоктування насосів, зручність прокладання трубопроводів та їх нормальну експлуатацію.

В напівзаглиблених насосних станціях можливо спростити комунікації трубопроводів, забезпечити роботу насосів з невеликою висотою всмоктування

або з підпором, але, як правило, влаштування будівлі насосної станції в цьому випадку дорожче у порівнянні з незаглибленими.

В деяких випадках насосні станції другого підйому вбудовують в станції водопідготовки. Іноді їх поєднують з насосними станціями першого підйому. Це дає деяке зменшення витрат на будівництво, але за умовами рельєфу місцевості не завжди можливо.

2.1.3 В циркуляційних насосних станціях встановлюють дві групи насосів – нагрітої та охолодженої води. Розташовують їх, як правило, поблизу від споруд для охолодження води, звідки каналами або самопливними трубами вода подається до приймальних камер насосної станції.

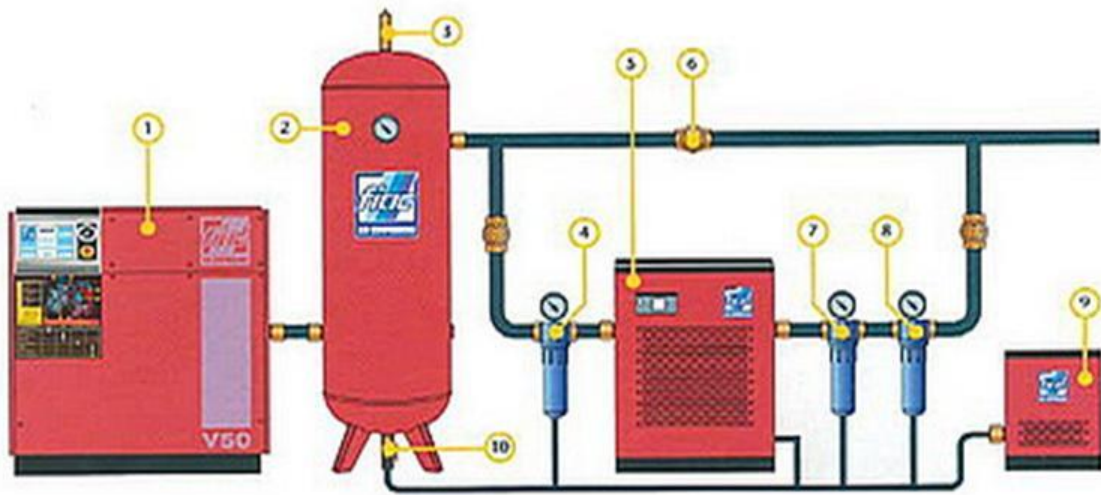
Циркуляційні насосні станції повинні забезпечувати безперебійне водопостачання промислових підприємств, тому в них слід передбачати відповідний резерв обладнання, а також резервні лінії (фідери) живлення електроенергією. Кількість насосів на таких станціях та їх подачу слід призначати так, щоб можна було регулювати витрату води на охолодження залежно від сезонних коливань температури повітря. Для цього на них встановлюють кілька насосів з порівняно невеликою подачею і при необхідності відключають ті чи інші насоси. При цьому треба вибирати насоси з такими характеристиками, які забезпечують їх сумісну роботу в оптимальних режимах [21].

З метою забезпечення надійності роботи циркуляційні насоси слід встановлювати під заливом, тобто нижче рівня води в приймальній камері, тому циркуляційні насосні станції влаштовують заглибленими або напівзаглибленими. Канали, що підводять воду до циркуляційних станцій, бувають двох - або багатосекційними, що гарантує надійну подачу води у випадках аварій або ремонту секцій каналу.

2.1.4 Насосно-компресорні станції влаштовують у випадках обладнання артезіанських свердловин повітряними водопідйомниками. На таких станціях встановлюють компресори для подачі повітря та насоси другого підйому, які забирають воду із збірного резервуара та подають її в мережу.

Компресори встановлюють на рівні землі, а насоси в деяких випадках заглиблюють для забезпечення оптимальних умов всмоктування. Устаткування насосно-компресорної станції показано на рис. 2.1.4.

Повітря до компресорів підводять всмоктувальними повітряними лініями, які виводять до місця забору атмосферного повітря, де зазвичай встановлюють фільтри. При великій подачі компресорів влаштовують окреме приміщення для фільтрів повітря [31].



1 – гвинтовий компресор; 2 – ресивер; 3 – запобіжний клапан; 4 – фільтр попереднього очищення FQ (3 мкм); 5 – рефрижераторний осушувач повітря; 6 – клапан BY-PASS; 7 – фільтр тонкої очистки FP (1 мкм); 8 – мікрофільтр FD (0,01 мкм); 9 – сепаратор (роздільник) конденсата; 10 – клапан зливу конденсата

Рисунк 2.1.4 – Устаткування насосно-компресорної станції

На нагнітальних лініях компресорів (до ресивера) не встановлюють ні засувки, ні вентиля для запобігання виходу компресорів з ладу у випадку їх запуску при закритій засувці.

2.1.5 Насосні станції підкачки влаштовують для підвищення напору в окремих мікрорайонах міста, або окремих цехах промислових підприємств. Насосні станції підкачки з приймальними (проміжними) резервуарами практично не відрізняються від невеликих насосних станцій другого підйому. Насосні станції підкачки без резервуарів компактніші. Їх часто розташовують в заглиблених будівлях невеликого розміру. Режим роботи таких станцій залежить від режиму водоспоживання. Як правило, насосні станції підкачки проєктуються автоматизованими.

? Питання для самоконтролю

1. Від чого залежить принципове компонування і конструктивне виконання насосних станцій першого підйому?
2. В яких випадках проєктують руслові водозабори?
3. В яких випадках проєктують берегові водозабори?
4. Режим роботи і подача насосних станцій першого підйому.
5. Як монтують вертикальні відцентрові і осьові насоси?
6. З якою метою встановлюють насоси, які допускають встановлення електродвигуна з обох кінців валу?

Розділ 3. Насосні станції першого підйому з поверхневих джерел

Тема 3.1. Особливості проєктування насосних станцій 1 підйому з поверхневих джерел

Мета вивчення теми: ознайомитися з режимами роботи насосних станцій II підйому, засвоїти теоретичні знання з розрахунку необхідного напору насосів, а також принципи вибору протипожежних насосів, усвідомити принципи компонування насосного обладнання в машинному залі станції.

План

3.1.1 Режим роботи і подача насосних станцій першого підйому.

3.1.2 Напір насосних станцій першого підйому.

3.1.3 Протипожежні насоси на станціях першого підйому.

3.1.4 Розміщення насосних агрегатів на станціях першого підйому.

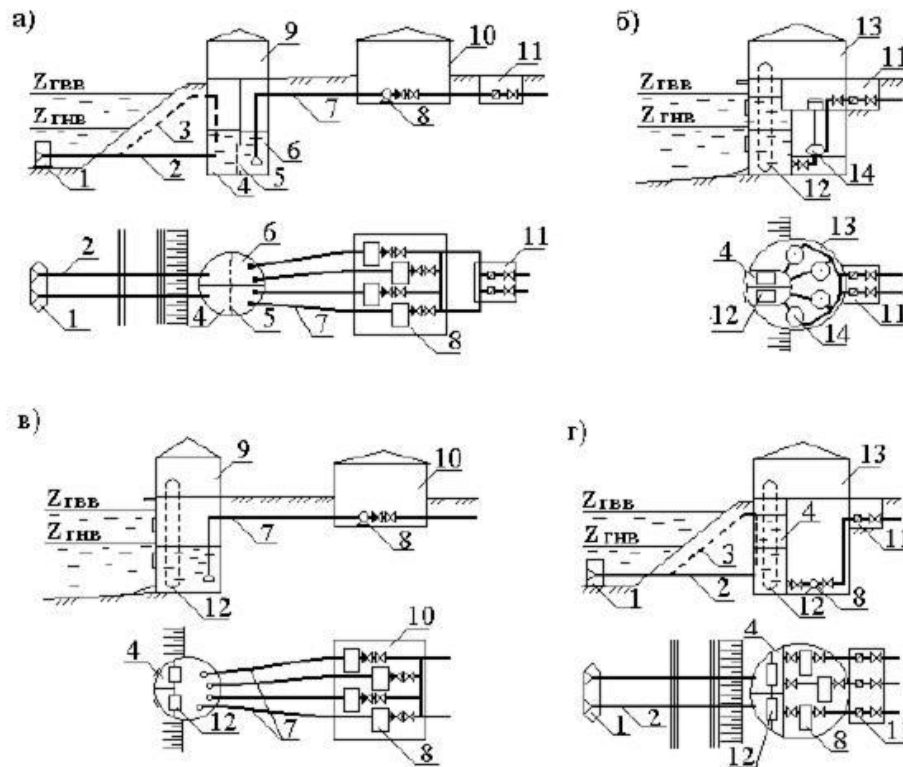
 **Ключові терміни:** береговий водозабір; режим роботи станції; подача насосної станції; напір насосів першого підйому.

3.1.1 Схеми насосних станцій першого підйому. Принципові компонування і конструктивні виконання насосних станцій першого підйому різноманітні та залежать від виду джерела водопостачання, топографічних, геологічних умов обраного місця водозабору. Конструктивне виконання станції визначається також типом насосного устаткування (відцентрові, осьові, горизонтальні, вертикальні насоси тощо) [2].

На рис. 3.1.1, *а* зображена схема насосної станції першого підйому, яка розміщується окремо від руслового водозабору. Станція прямокутна в плані, напівзаглиблена, обладнана чотирма горизонтальними відцентровими насосами. На рис. 3.1.1, *б* наведена схема берегової станції, яка сполучена з береговим водозабором. У плані станція має круглу форму, вона обладнана чотирма вертикальними насосами.

Станція 1-го підйому, яка зображена на рис. 3.1.1, *в*, знаходиться окремо від берегового водозабору. Вона напівзаглиблена, має прямокутну форму в плані та обладнана чотирма горизонтальними насосами. На рис. 3.1.1, *г* показана схема насосної станції руслового типу, яка сполучена з водозабором. Насосні станції, схеми яких показані на рис. 3.1.1, *б*, *в* проєктують у тому випадку, якщо за сприятливих геологічних і топографічних умов поблизу від берега забезпечується достатня глибина, необхідна для водозабору. За несприятливих умов станція споруджується на деякій відстані від берега, і воду до неї підводять каналом. Остаточне рішення щодо вибору схеми насосної станції першого підйому приймають на підставі техніко-економічних розрахунків з порівнянням різних варіантів. Вода в поверхневих джерелах завжди очищується. Тому режим роботи насосної станції в системі господарсько-питного водопостачання пов'язаний з режимом роботи очисних споруд. З метою скорочення розмірів споруд і стабілізації процесу очистки води режим роботи насосної станції призначають рівномірним протягом доби.

Подача її визначається середньою годинною витратою за добу максимального споживання з урахуванням власних потреб (промивання водоприймальних споруд, технічне водопостачання насосної станції, тощо). При невеликій продуктивності і наявності очисних споруд режим роботи станції першого підйому може відрізнятися від рівномірного [31].



1 – оголовок; 2, 3 – водоводи; 4 – водоприймальна камера; 5 – плоска сітка; 6 – всмоктувальне відділення; 7 – всмоктувальний водовід; 8, 14 – насоси; 9 – береговий колодязь; 10 – насосна станція; 11 – камера переключень; 12 – сітка; 13 – павільйон насосної станції

Рисунок 3.1.1 – Схеми розташування насосних станцій першого підйому:

а) окремо від руслового водозабору; б) сполучена з береговим водозабором; в) окремо від берегового водозабору; г) сполучена з русловим водозабором

Від режиму роботи насосної станції першого підйому залежить об'єм резервуарів чистої води [2, 28, 31].

Подачу насосної станції першого підйому визначають за формулою:

$$Q = (T \times Q_{\max \text{ доб}}) \times a, \quad (3.1.1)$$

де a – коефіцієнт, що враховує власні потреби, $a = 1,04 \dots 1,1$;

$Q_{\max \text{ доб}}$ – максимальна добова подача, $\text{м}^3/\text{доб}$.

Для остаточного вирішення питання про вибір режиму роботи станції необхідне техніко-економічне обґрунтування прийнятого варіанта з урахуванням технологічного процесу очистки води. Режим роботи і подача насосних станцій першого підйому в системах технічного водопостачання, що перекачують воду без її очистки, залежать від схеми водопостачання. У прямоточних системах об'єм води, що перекачується, повинен дорівнювати споживанню на технологічні потреби виробничих цехів. За наявності рівномірного графіка водоспоживання подача насосної станції розраховується за середнім водоспоживанням за годину. Якщо ж водоспоживання протягом доби нерівномірне, подача насосної станції повинна призначатися за максимальним годинним водоспоживанням (за відсутності регулюючої ємності) або за середнім водоспоживанням за годину (за наявності регулюючої ємності) [29].

3.1.2 Розрахунковий напір насосів станції першого підйому в кожному окремому випадку визначається за схемою вертикального планування з урахуванням втрат напору у всмоктувальних і напірній лініях. Наприклад, напір станції (рис.3.1.2), що перекачує воду на очисні споруди, визначається за формулою [31]:

$$H = H_{\Gamma} + \Sigma h_{\text{вс}} + \Sigma h_{\text{н}} + H_p, \quad (3.1.2)$$

де H_{Γ} – геометрична висота підйому, дорівнює різниці позначок максимального рівня води в змішувачі та мінімального розрахункового рівню у водозабірній споруді, м;

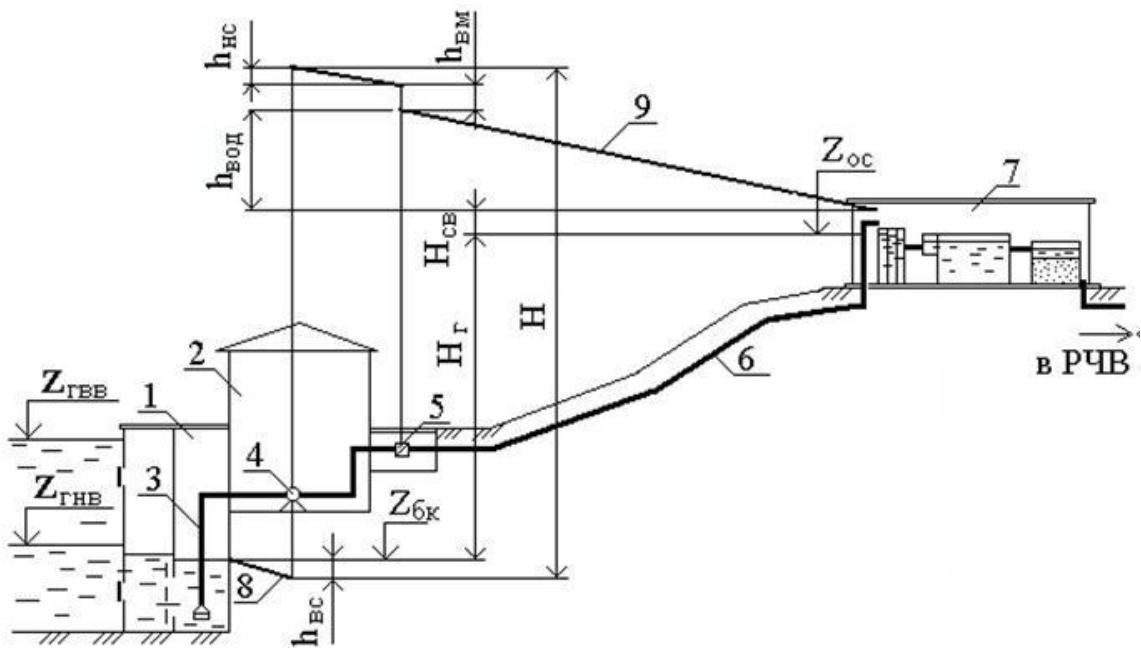
$\Sigma h_{\text{вс}}$ – втрати напору у всмоктувальній лінії, м;

$\Sigma h_{\text{н}}$ – втрати напору в напірній лінії, зокрема втрати у водомірі ($h_{\text{вм}}$), м;

$H_{\text{св}}$ – вільний напір на вилив, $H_{\text{св}} = 1...1,5$ м.

3.1.3 Насосні станції першого підйому об'єднаних систем господарсько-питних і протипожежних водопроводів виконують функцію поповнення витраченого недоторканого запасу, що зберігається в резервуарах чистої води насосних станцій другого підйому. Можливість відновлення протипожежного запасу води за розрахунковий період враховується під час визначення повної подачі насосної станції.

Витрачений протипожежний запас може бути відновлений шляхом форсування роботи основних насосів; увімкнення насосів для господарсько-питного призначення, якщо вони працюють нецілодобово; увімкнення резервних насосів. На період відновлення протипожежного запасу води [7] допускається зниження господарсько-питного водоспоживання до 70 % і виробничого – за графіком. У випадку, якщо такими способами відновити протипожежний запас неможливо, необхідно встановлювати спеціальний протипожежний насос.



1 – береговий колодязь; 2 – насосна станція; 3 – всмоктувальний трубопровід; 4 – насос; 5 – водомір; 6 – напірний водовід; 7 – очисні споруди; 8 – графік втрат напору у всмоктувальному трубопроводі; 9 – графік п'єзометричних позначок; h_{BM} – втрати напору у водомірі; $Z_{ГНВ}$, $Z_{ГВВ}$ – позначки горизонтів низьких та високих вод у джерелі

Рисунок 3.1.2 – Схема для визначення напору насосів першого підйому

Під час відновлення протипожежного запасу за допомогою основних господарських насосів повна подача насосної станції визначається за формулою:

$$Q = Q_I + (3 \times Q_n + \sum Q_{max} - 3 \times Q_I) / T, \quad (3.1.3)$$

де Q_I – середньогодинна подача насосної станції першого підйому, $m^3/год$;

Q_n – повний об'єм води, витрачений на гасіння пожежі, m^3 (3 години – розрахункова тривалість гасіння пожежі);

$\sum Q_{max}$ – сумарний об'єм води, що витрачається на господарсько-питні потреби за 3 години найбільшого водоспоживання, m^3 (за графіком водоспоживання);

Q_I – об'єм води, що надходить за 3 години від насосної станції першого підйому, m^3 (приймається до розрахунку, якщо гарантовано безперебійну подачу води насосною станцією першого підйому);

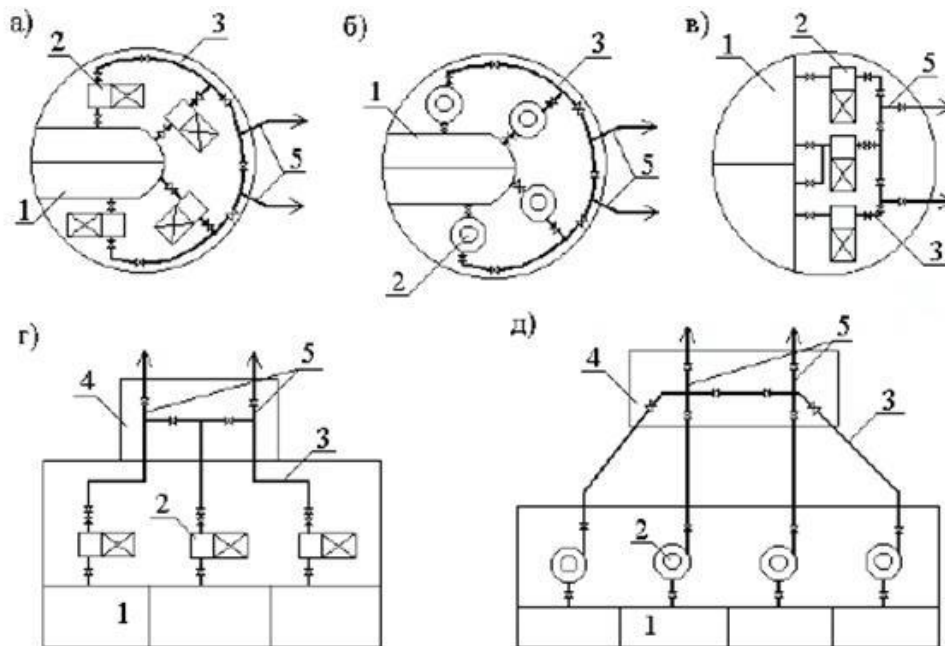
T – максимальна тривалість відновлення протипожежного запасу, год.

Державними будівельними нормами [7, п. 6.2.14] встановлено наступні максимальні норми часу відновлення протипожежного запасу води: 24 год – у населених пунктах і на промислових підприємствах з виробництвами, віднесеними за пожежною небезпекою до категорій А, Б, В; 36 год – на промислових підприємствах з виробництвами, віднесеними за пожежною

небезпекою до категорій Г і Д; 72 – год у сільських населених пунктах і на сільськогосподарських підприємствах

3.1.4 Розміщення насосних агрегатів визначається за формою машинного залу в плані, за типом насосів і способом підведення до них води.

На рис. 3.1.3 представлені найбільш характерні схеми розташування насосних агрегатів [31]. Відстані між агрегатами приймають не менше 1 м; між агрегатами і стінами у наземних станціях – не менше 1 м, у заглиблених – не менше 0,7 м; між нерухомими виступаючими частинами устаткування – 0,7 м [31].



1 – насос; 2 – напірні трубопроводи; 3 – електродвигун; 4 – всмоктувальні труби

Рисунок 3.1.3 – Схеми розміщення насосних агрегатів на станціях першого підйому: а – кільцеве розташування горизонтальних насосів типу Д; б – кільцеве розташування вертикальних насосів; в – однорядне розташування горизонтальних насосів; г – однорядне розташування горизонтальних насосів у прямокутній споруді, сполученій з водозабором; д, ж – дворядне розміщення горизонтальних насосів у будинку станції роздільного типу; е – однорядне розміщення горизонтальних насосів у прямокутній споруді станції роздільного типу.

Насосні станції першого підйому на поверхневих джерелах найчастіше бувають заглибленими, їх будівництво здійснюється в складних геологічних і гідрогеологічних умовах. Тому компонування обладнання в них повинне сприяти зменшенню розмірів будівлі станції з урахуванням можливості збільшення її потужності у майбутньому. Розміщення насосного устаткування і трубопроводів також повинне забезпечувати зручність, безпеку, оперативність

обслуговування та ремонту. Розміщення насосів у вертикальній площині на станціях першого підйому насамперед залежить від типу насосів. Вертикальні відцентрові та осьові насоси монтують так, щоб їх корпуси знаходилися нижче мінімального рівня води в джерелі. Горизонтальні відцентрові насоси типу Д та К також переважно встановлюють на таких позначках, щоб корпуси насосів заливалися водою самопливом за мінімальних розрахункових рівнів води в джерелі. Їх можна монтувати вище мінімального рівня води в джерелі на позначках, що не перевищують припустиму висоту всмоктування. У цьому випадку необхідно передбачати пристрій для заливання насосів перед запуском [23, 31].

? Питання для самоконтролю

1. Від чого залежить кількість насосних установок, що входять у загальну систему водозабору першого підйому?
2. Режим роботи насосних установок першого підйому з підземних джерел.
3. Як визначається розрахунковий напір кожної насосної установки?
4. Як поповнюється витрачений пожежний запас води?
5. Від чого залежить розміщення насосів у вертикальній площині на станціях першого підйому?

Тема 3.2 Проектування водоводів насосних станцій першого підйому

Мета вивчення теми: ознайомитися з головними принципами проектування всмоктувальних та напірних водоводів; засвоїти теоретичні знання з особливостей складання схем перемикань трубопроводів; розширити знання щодо компонування обладнання в насосних станціях першого підйому; ознайомитися з особливостями улаштування насосних станцій на поверхневих джерелах.

План

- 3.2.1 Всмоктувальні трубопроводи.
- 3.2.2 Напірні трубопроводи насосних станцій.
- 3.2.3 Схеми перемикань всмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому.
- 3.2.4 Споруди насосних станцій першого підйому.
- 3.2.5 Приклади улаштування насосних станцій першого підйому на поверхневих джерелах.

 **Ключові терміни:** категорія надійності; камери водоприймальних споруд; зворотний клапан; гасителі енергії; водоприймальні вікна; комбінований водозабір.

3.2.1 Всмоктувальні трубопроводи є найбільш важливими елементами насосних установок, тому що від правильності їх розрахунку, конструкції та

експлуатації залежить економічність роботи насосів. Найчастіше всмоктувальні труби працюють в умовах вакуумметричного тиску [32]. Найкращою умовою для нормальної роботи насосів є забезпечення кожного насоса індивідуальною всмоктувальною трубою. Однак це можливо тільки під час використання осьових, вертикальних відцентрових та невеликої кількості (до чотирьох) горизонтальних насосів. Якщо кількість горизонтальних відцентрових насосів більше чотирьох, то на станціях роздільного типу значно збільшуються габарити водозабірної споруди, ускладнюється пристрій всмоктувальних трубопроводних комунікацій, що спричиняє здорожчання будівництва гідровузла загалом. У цьому випадку кількість всмоктувальних труб поза спорудою має бути меншою, ніж кількість насосів, за умови облаштування загального колектора, до якого підключають ці насоси. Кількість зовнішніх всмоктувальних ліній на насосних станціях першої та другої категорії надійності не повинна бути менше двох [7, п.11.5]. До того ж кожна з ліній повинна бути розрахована на випадок аварії на повну розрахункову витрату для станцій першої та другої категорії і 70 % розрахункової витрати – для станцій третьої категорії. Вхідні отвори всмоктуючих трубопроводів насосів повинні бути заглиблені під мінімальний рівень води в приймальному відділенні колодязя у разі аварійного режиму (рис. 3.2.1). Якщо заглиблення буде недостатнім, то біля вхідних отворів утворюються коловороти, через які у всмоктувальні труби потрапить повітря, що спричинить зрив роботи насосів [31].

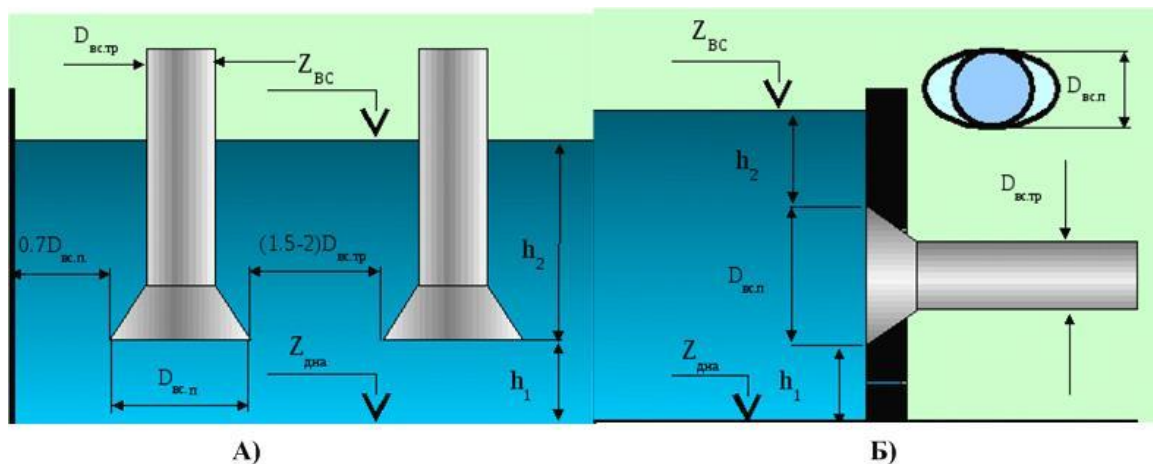


Рисунок 3.2.1 – Схеми розміщення всмоктувальних труб у камері:
А) у разі двох вертикальних труб; Б) у разі однієї горизонтальної всмоктувальної труби

Кінці всмоктувальних труб у камерах водоприймальних споруд повинні розміщуватися таким чином, щоб було забезпечене вільне і рівномірне підведення води (рис. 3.2.1, А). Для зниження опору під час входу потоку до всмоктувальних трубопроводів приварюються приймаючі конуси, діаметр вхідного отвору яких $D_{вх} = (1,25...1,5) \times d$, де d – діаметр всмоктувальної труби. Центральний кут конічності воронки $\varphi = 8...16^\circ$. Щоб уникнути утворення

коловороту і засмоктування повітря обріз приймального конуса поринає на мінімальну глибину $h_{\min} = (0,6 \dots 1,2)$ м. У випадку, якщо цю глибину занурення забезпечити не можна, на кінцях приймальних конусів розмішують екрани, які мають вигляд металевих пластин розміром не менше $2 \times D_{\text{вх}}$. Відстань від вхідного отвору до підлоги камери повинна бути не менше $0,8 \times D_{\text{вх}}$. Приймальні клапани встановлюють на всмоктувальних трубопроводах діаметром не більше 200 мм. За більших діаметрів занадто велика вага клапана спричиняє підвищення втрат напору. У разі горизонтального розміщення всмоктуючих трубопроводів (рис. 3.2.1, Б) для зменшення рівня води у колодязі воронку можна виготовити у вигляді еліпса.

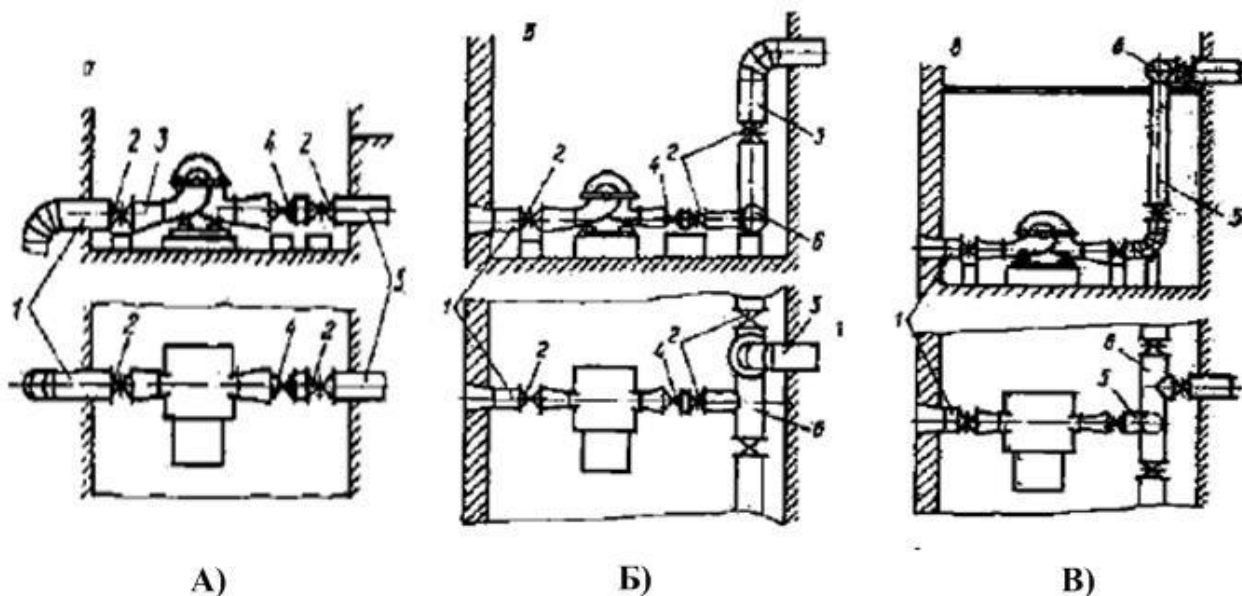
Всмоктувальні трубопроводи як у межах насосної станції, так і поза нею виконуються зі сталевих труб на зварюванні із застосуванням фланцевих з'єднань для приєднання до арматури та насосів. Діаметри трубопроводів визначаються за економічними швидкостями [7]: $V_{\text{вс}} = 0,6\text{--}1$ м/с – для труб діаметром d до 250 мм; $V_{\text{вс}} = 0,8\text{--}1,5$ м/с – $d = 300\text{--}800$ мм і $V_{\text{вс}} = 1,2\text{--}2,0$ м/с – $d > 800$ мм [7, табл. 34].

3.2.2 *Напірні трубопроводи* насосних станцій призначені для подачі рідкого середовища, що перекачується, від насосів до водоводів. Найчастіше кількість водоводів, що відходять від станції, буває меншою за кількість насосів, тому напірні трубопроводи з'єднують у загальний колектор. Всі напірні трубопроводи і колектори всередині насосної станції виконуються зі сталевих труб на зварюванні з використанням фланцевих з'єднань для кріплення їх до насосів і арматури. Труби різних діаметрів з'єднують прямими переходами. Діаметри напірних трубопроводів визначають за розрахунковою витратою води та економічними швидкостями: $V_n = 0,8\text{--}2,0$ м/с (для труб діаметром до 250 мм); $V_n = 1,0\text{--}3,0$ м/с (за $d = 300\text{--}800$ мм); $V_n = 1,5\text{--}4,0$ м/с (за $d > 800$ мм) [7, табл. 34]. На напірній лінії кожного насоса встановлюється зворотний клапан, який перешкоджає зворотному руху води, що перекачується, у випадку припинення подачі енергії до електродвигуна насоса (аварійний випадок), а також під час вимикання насоса, якщо система розрахована на запуск і зупинку насоса на відкриту засувку. На напірних трубопроводах є необхідна кількість засувок, водоміри, гасителі енергії гідравлічного удару (за необхідності) і контрольно-вимірювальна апаратура.

Укладання напірних трубопроводів на станціях першого підйому виконується по підлозі машинного залу на опорах з бетону з перехідними містками. У шахтних станціях напірний колектор можна піднімати до перекриттів або закріплювати на консолях до стін. Це дає змогу зменшити габарити машинного залу. Відстань від підлоги до колектора підвісної конструкції повинна бути не менше 2 м. Засувки та іншу арматуру встановлюють на бетонні подушки таким чином, щоб їхня вага не передавалася на патрубки насосів.

На рис. 3.2.2 зображені схеми найбільш характерних компонувань всмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому [31]. На станції роздільного типу (рис. 3.2.2, А) кожен насос обладнується індивідуальними всмоктувальними і напірними трубопроводами. В окремих

випадках всмоктувальні та напірні трубопроводи можуть бути об'єднані відповідно всмоктувальними і напірними колекторами.



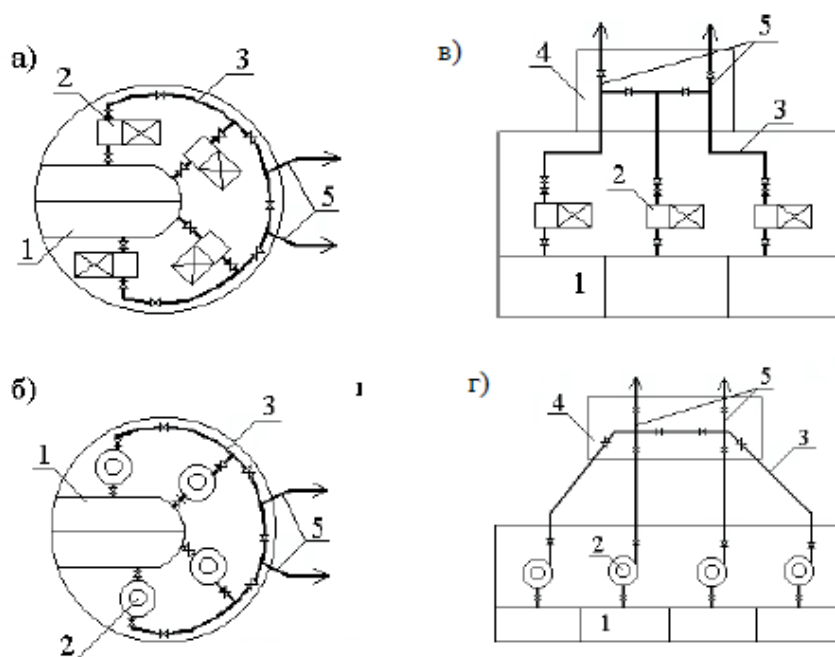
1 – всмоктувальний трубопровід; 2 – засувка; 3 – косий перехід; 4 – зворотний клапан; 5 – напірний трубопровід; 6 – напірний колектор

Рисунок 3.2.2 – Схеми компонувань всмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому з насосами типу Д

На рис. 3.2.2, Б зображене компонування обладнання з напірним колектором, розташованим на підлозі машинного залу. Схема з його розміщенням на підлозі верхнього приміщення (над машинним залом) показана на рис. 3.2.2, В.

3.2.3 Безперебійність подачі води насосною станцією першого підйому залежить від наявності на всмоктувальних і напірних трубопроводах необхідної кількості запірної арматури. Її розміщення має забезпечувати заміну або ремонт будь-якого насоса і арматури трубопроводів з урахуванням можливого зниження подачі води відповідно до категорії споруди. Залежно від конкретних умов, схеми перемикання трубопроводів можуть бути різноманітними. На рис. 3.2.3 зображені схеми перемикачів на насосних станціях сполученого типу, обладнаних горизонтальними (схеми а і в) та вертикальними (схеми б і г) насосами [31].

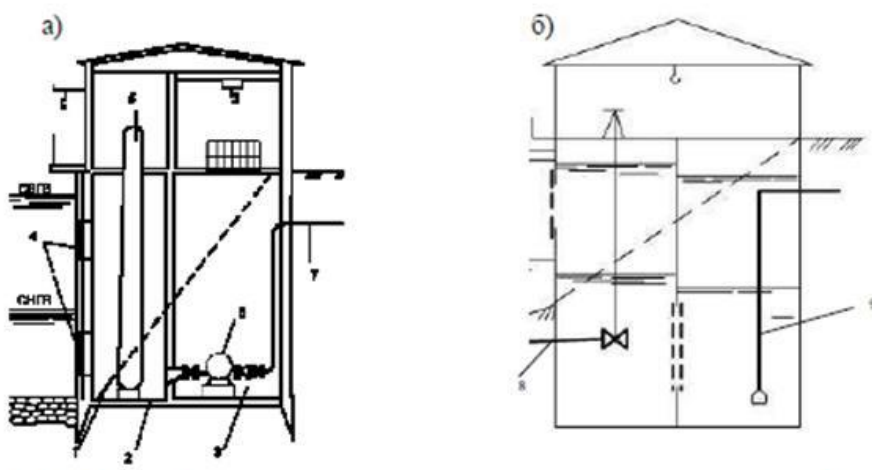
Влаштування загальної всмоктувальної труби (схеми а і б) для одного (середнього) з насосів дає змогу забезпечити постійну роботу двох насосів у разі відключення на ремонт кожної з водоприймальних камер.



1 – приймальне відділення; 2 – насос; 3 – напірний колектор; 4 – камера перемикачів; 5 – напірні водоводи

Рисунок 3.2.3 – Схеми перемикачів всмоктувальних і напірних трубопроводів станцій першого підйому

3.2.4 У будівлі насосної станції, крім службових і побутових приміщень, розміщується все гідромеханічне, електричне та допоміжне устаткування. Споруди насосних станцій першого підйому (рис. 3.2.4) найчастіше бувають заглибленого типу.



1 – приймальне відділення; 2 – фундамент приймального відділення; 3 – машинний зал; 4 – приймальні вікна; 5 – сітка, що обертається; 6 – насос; 7 – напірний трубопровід; 8 – самопливний трубопровід; 9 – всмоктувальний трубопровід

Рисунок 3.2.4 – Типи підземної та наземної частини насосних станцій першого підйому: а) сполученого типу; б) роздільного типу.

Вода із джерела через водоприймальні вікна надходить у водоприймальну камеру, де проходить первинну очистку від великих механічних включень і водоростей, а далі через всмоктувальні труби перекачується насосами за призначенням. У всіх приміщеннях насосних станцій, в яких встановлене устаткування, є вантажопідйомні механізми.

Враховуючи, що підземна частина будівлі перебуває в складних гідрогеологічних умовах, за яких важко забезпечити її водонепроникність, камери виконують із монолітних бетонних і залізобетонних стінових конструкцій з посиленою гідроізоляцією. В окремих випадках (частіше для станцій роздільного типу) підземна частина камерних будівель може споруджуватися зі збірних залізобетонних конструкцій (рис. 3.2.5).

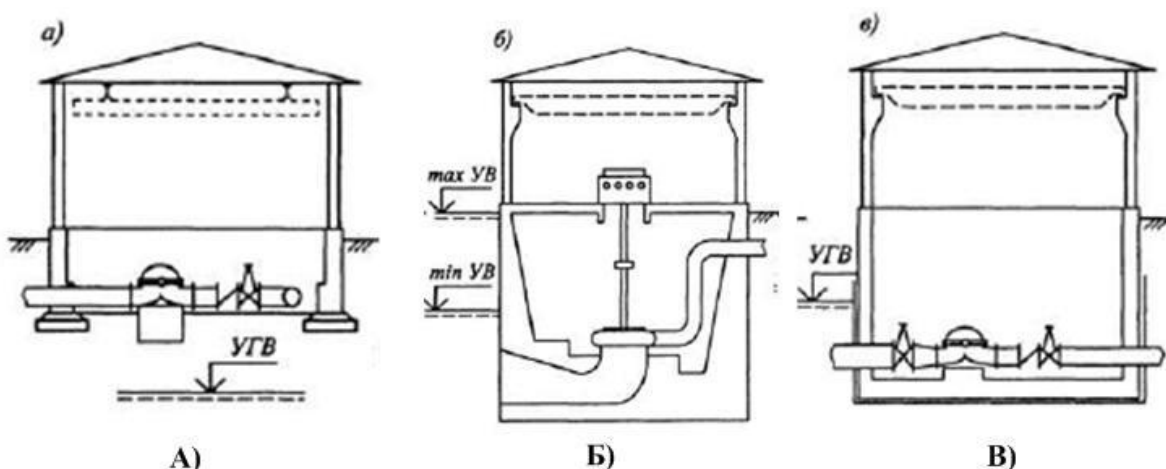
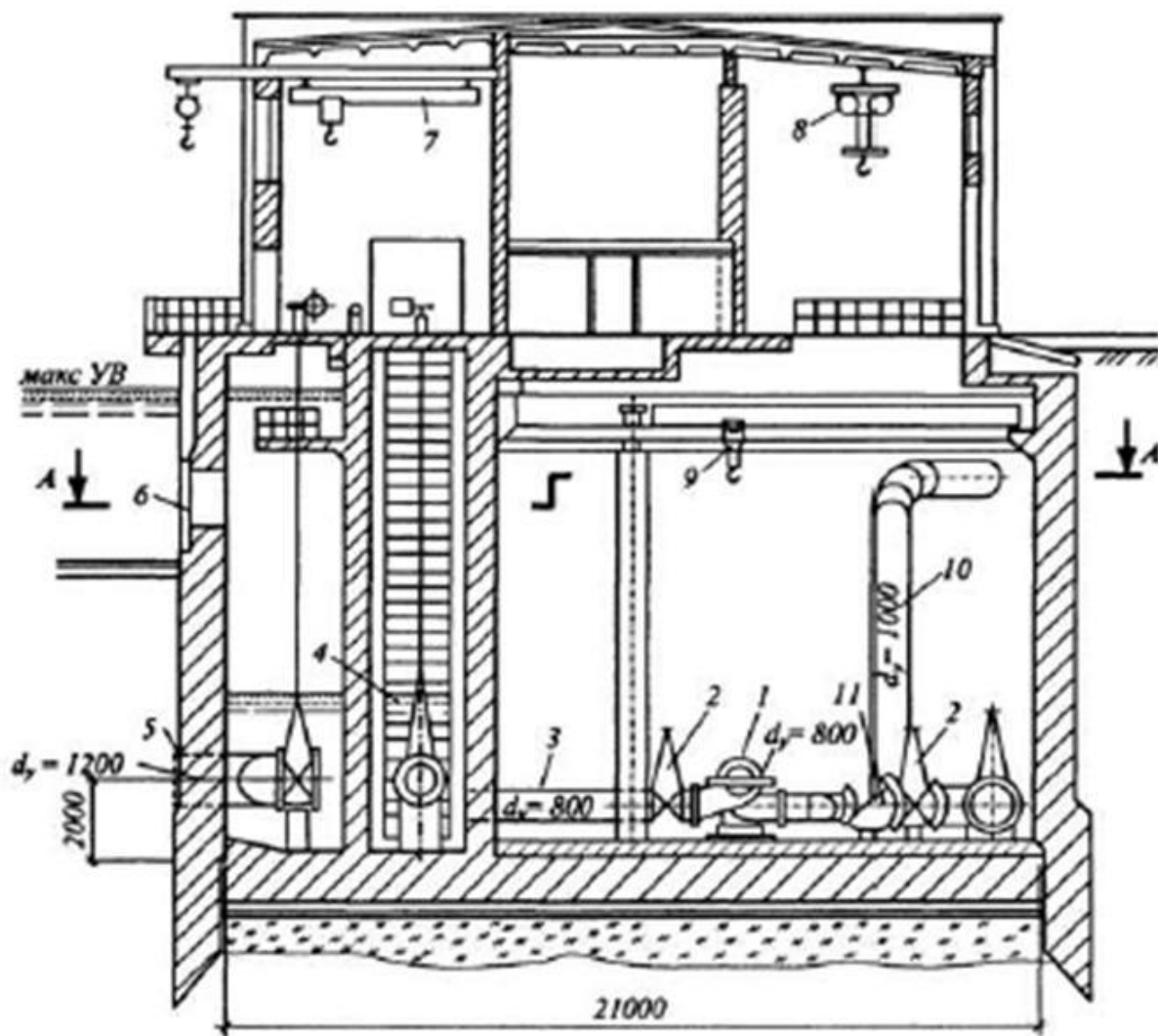


Рисунок 3.2.5 – Типи фундаментів підземної частини насосних станцій:

А) з роздільними фундаментами під обладнання і будівельні конструкції, Б) блочна, В) камерна

Підземну частину будівлі блокового типу проектують у вигляді монолітного бетонного блоку, під час спорудження якого одночасно влаштовують всмоктувальні труби насосів. Будови такого типу споруджують для великих водопровідних станцій. Розміри підземної частини будівлі в плані визначаються, насамперед, типом і компонованням насосного устаткування і трубопроводних комунікацій, з урахуванням відстаней між ними [28]. Заглиблення залежить від максимальної амплітуди коливання рівня води в джерелі, а також від розташування вісі насосів щодо мінімального рівня води.

3.2.5 Будівля насосної станції першого підйому берегового типу показана на рис. 3.2.6, становить собою заглиблену, круглу в плані споруду камерного типу із сухою камерою. Проектом передбачена можливість встановлення чотирьох насосів двох марок Д 5000–50 або Д 4000–22, під час роботи яких повна подача станції становить 4,5–6 м³/с [31].



1 – насоси; 2 – засувки; 3 – всмоктувальна труба; 4 – каркасні сітки; 5 – самопливні водоводи; 6 – входні вікна; 7 – підвісна кран-балка; 8 – тельфер; 9 – радіальна кран-балка; 10 – вертикальні стояки; 11 – зворотні клапани

Рисунок 3.2.6 – Насосна станція з комбінованим водозабором

Вода із джерела через водоприймальні вікна, розміщені у два яруси, надходить в приймальну камеру, потім – у камери всмоктувальних труб. За необхідності воду до водоприймального колодязя можна підводити самопливними лініями. Спорудою допускається амплітуда коливання рівня води до 8 м. Сітки промиваються водою з напірних трубопроводів станції. Напірний колектор прокладений по підлозі машинного залу.

Типова насосна станція першого підйому, показана на рис. 3.2.7, обладнана чотирма вертикальними осьовими насосами марки ОПВ 2–87 з подачею 3 м³/с кожний та напором 13,6 м. Водоприймач розділений на чотири секції за кількістю насосів. Вода до насосів підводиться через прямокутні вікна із ґратами. Усередині камер встановлені сітки з лобовим підведенням води. Амплітуда коливання рівня води – 5,5 м.

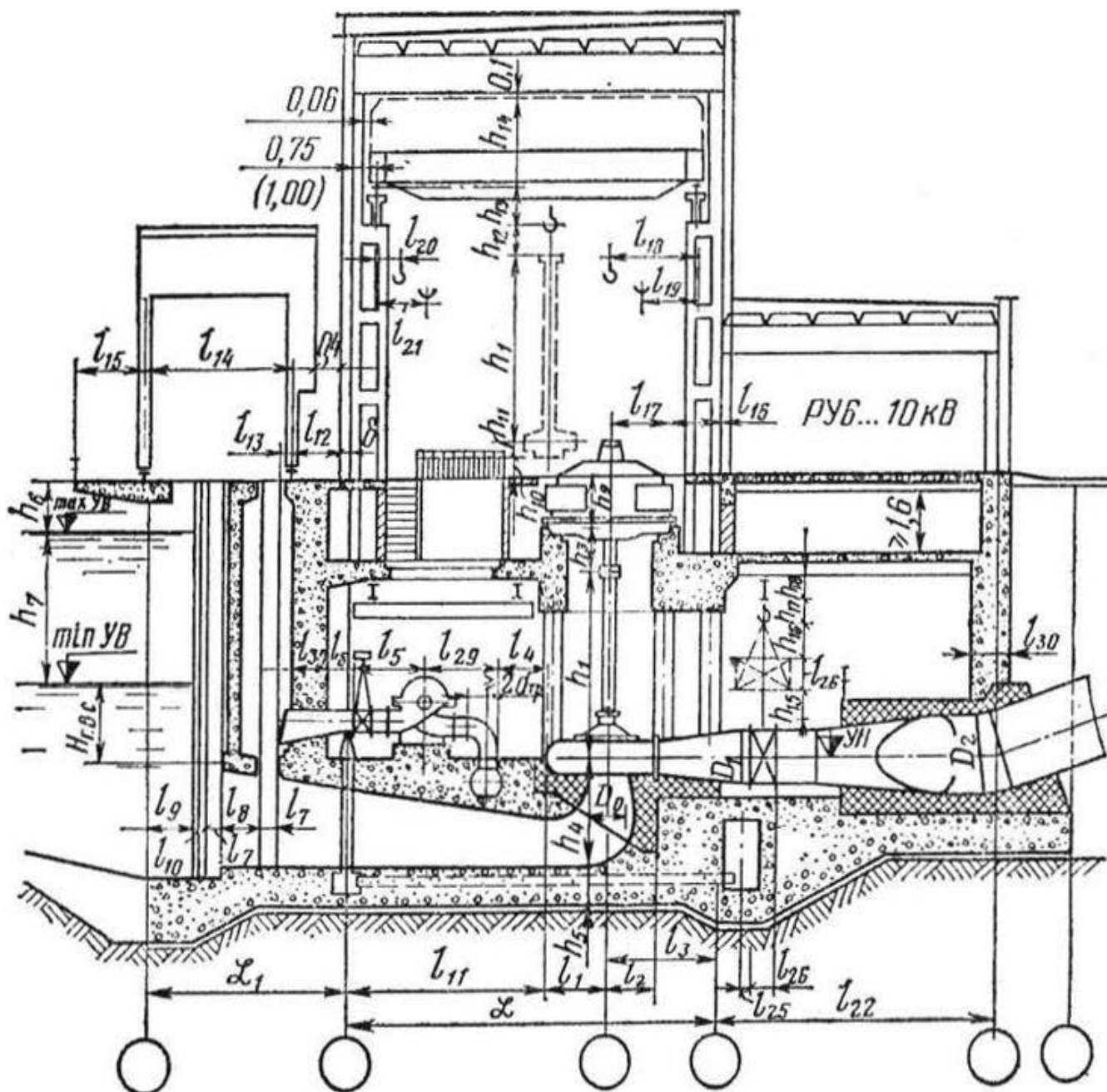


Рисунок 3.2.7 – Будівля насосної станції блочного типу, обладнана вертикальними осьовими насосами

Для обслуговування щитового господарства поза будівлею насосної станції передбачений напівкозловий кран, привід якого також електрифікований.

? Питання для самоконтролю

1. Яку можливість дає обладнання насосних станцій відцентровими насосами, що мають здатність до саморегулювання?
2. Від чого залежить напір насосної станції другого підйому?

3. При яких умовах можуть бути визначені втрати напору в комунікаціях насосних станцій?
4. Чому ускладнюється робота насосних установок над свердловинами у вигляді наземних павільйонів?
5. З якої глибини може піднімати воду водоструминна установка?

Розділ 4. Насосні станції першого підйому з підземних джерел

Тема 4.1 Особливості проєктування насосних станцій I підйому з підземних джерел

Мета вивчення теми: ознайомитися із загальною схемою водозабірної споруди першого підйому, засвоїти принципи розрахунку подачі та напору насосних станцій з підземних джерел, ознайомитися з компонуванням обладнання в насосних станціях першого підйому на підземних джерелах.

План

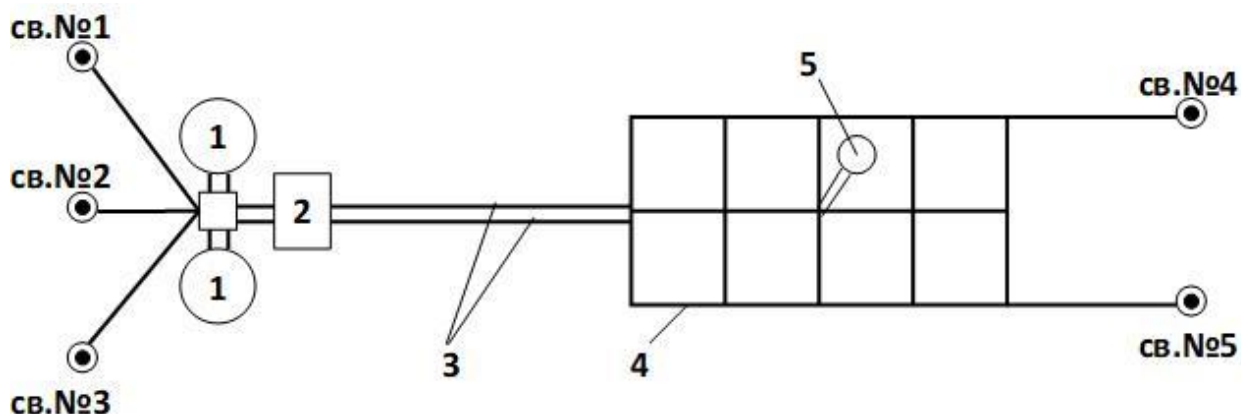
- 4.1.1 Загальна схема водозабірної споруди першого підйому.
- 4.1.2 Режим роботи, визначення подачі та напору.
- 4.1.3 Приклади насосних станцій (установок) першого підйому на підземних джерелах.

 **Ключові терміни:** категорія надійності; камери водоприймальних споруд; зворотний клапан; гасителі енергії; водоприймальні вікна; комбінований водозабір.

4.1.1 Для забору води з підземного джерела кожен водозабірну споруду (свердловина, шахтний колодязь) обладнують індивідуальною насосною установкою. Всі насоси підключають до загального колектора або водоводу, за яким вода транспортується на очисні споруди, якщо очистка не потрібна – у резервуари чистої води. Кількість установок, що входять у загальну систему водозабору першого підйому, залежить від обсягу водоспоживання і потужності водоносних шарів [31]. До складу водозабірної споруди першого підйому (рис. 4.1.1) входять вісім насосних установок 1 на свердловинах, з яких вода напірними трубами 2 перекачується на очисні споруди 3 (за необхідності) і в резервуар чистої води 4, звідки насосами станції другого підйому подається споживачам.

4.1.2 Під час використання підземних джерел водопостачання режим роботи насосних установок першого підйому протягом доби в більшості випадків призначається рівномірним. Рівномірний режим дає змогу стабілізувати роботу свердловини, повніше використати водоносний шар, що експлуатується, зменшити відбір води із свердловини у порівнянні з її розрахунковим дебітом, а отже, зменшити і розміри насосних агрегатів [2. 31]. Подача кожної насосної установки визначається залежно від дебіту

свердловини з урахуванням спільної роботи цих установок на загальний напірний водовід.



1 – резервуари чистої води; 2 – насосна станція II підйому; 3 – водоводи; 4 – водопровідна мережа; 5 – водонапірна башта

Рисунок 4.1.1 – Схема системи водопостачання міста з підземного джерела

Розрахунковий напір кожної насосної установки визначають як різницю максимальної позначки горизонту води в резервуарі, куди вона подається, і мінімальної позначки динамічного рівня води в свердловині, з урахуванням втрат напору на всій ділянці руху води, яку перекачує насос. В паспортах свердловинних насосів приводяться характеристики без урахування втрат напору у водопідйомній трубі в межах свердловини, тому що довжина цієї труби в кожному конкретному випадку буває різною, тобто подають залежності подачі Q , потужності N , коефіцієнта корисної дії η від напору H , який розвиває насос, до перетину на виході з насоса. Отже, щоб отримати залежність подачі насоса від напору H на вихідному патрубку водопідйомної труби, необхідно побудувати дросельну характеристику насоса [32]. Характеристика водопідйомної труби може бути виражена залежністю:

$$n_{\text{п}} = n \times l \times S \times Q_2, \quad (4.1.1)$$

де n – кількість секцій водопідйомної труби;

l – довжина секції, м;

S – питомий опір водопідйомної труби.

Для занурених насосів опір водопідйомної труби S (м³/год) залежить тільки від її діаметра (табл. 4.2.1).

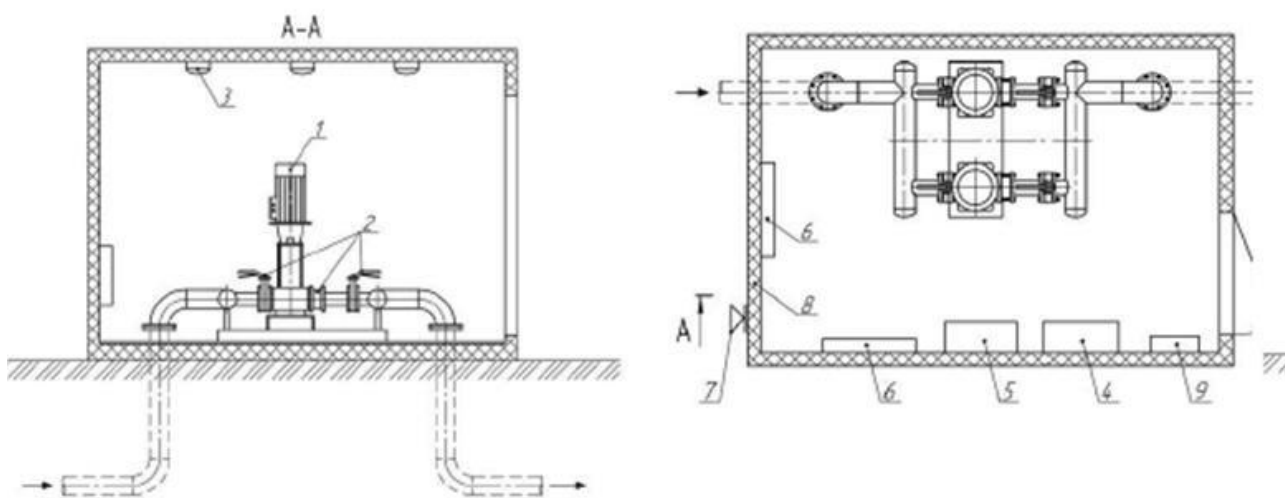
Таблиця 4.2.1 визначення опору водопідйомної труби [31]

d , мм	50	75	100	125	150
S (на 10 м труби)	0,01	0,0015	0,00025	0,000075	0,000028

При розрахунку подачі насосних установок першого підйому необхідно також враховувати можливість їх використання для поповнення витраченого

протипожежного запасу води. Останній може бути поповнений в результаті форсування роботи насосних установок, що подають воду для господарських потреб. Якщо форсований режим неможливий, необхідно передбачити спеціальні протипожежні свердловини з повним комплектом устаткування.

4.1.3 Насосні установки першого підйому споруджують над водозабірними свердловинами. Приміщення для установок, залежно від гідрогеологічних умов, виконують у вигляді заглибленої камери або наземного павільйону. У ньому розміщуються гирло свердловини, електродвигун (якщо свердловина обладнана насосом із трансмісійним валом), запірно-регулююча і запобіжна арматура, контрольно-вимірювальні прилади (рис. 4.1.2). Розміри приміщення в плані залежать від розміщення устаткування (зазвичай 3×3 м), висота повинна бути не менше 2,5 м [31].

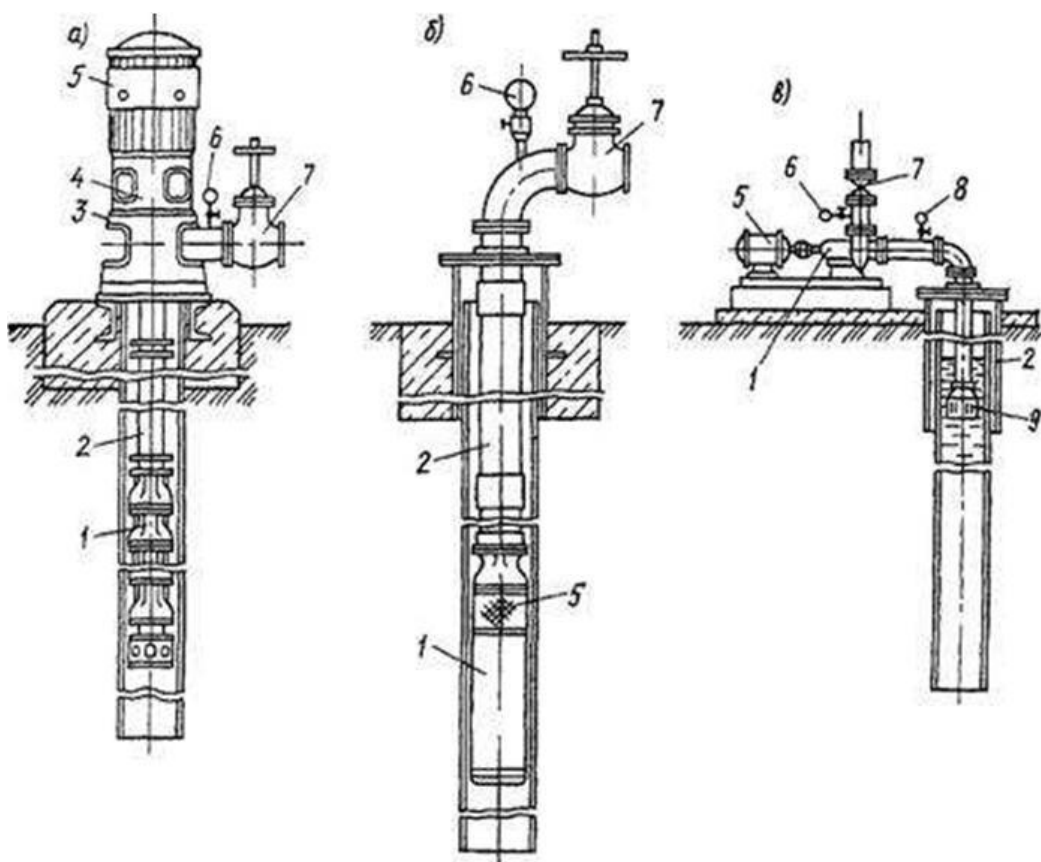


1 – насос (1 робочий, 1 резервний); 2 – запірна арматура, трубопроводи, контрольно-вимірювальні прилади; 3 – освітлення; 4 – шафа АВР (автоматичного введення резервного живлення); 5 – шафа управління насосами; 6 – електричний нагрівач; 7 – вентиляційна решітка; 8 – павільйон; 9 – шафа для власних потреб

Рисунок 4.1.2 – Насосна станція першого підйому над свердловиною

На рис. 4.1.2 показана насосна установка першого підйому на свердловині, яка обладнана насосом із трансмісійним валом. Приміщення для установки виконано у вигляді заглибленої підземної камери. Захисні конструкції таких камер виготовляються з монолітного або збірного залізобетону. Крім електродвигуна, у камері є запірні і запобіжні арматури, а також вимірювальні прилади. Для видалення води, яка просочується через стіни і нещільності з'єднань, передбачений дренажний насос. Живлення електричною енергією групи таких установок здійснюється від загальної силової трансформаторної понижуючої підстанції. Електроенергія до кожної установки підводиться повітряною або кабельною лінією. Монтаж і демонтаж

устаткування виконують автокраном або за допомогою триноги з поліспастом через монтажний люк. Керування роботою агрегату здійснюється з диспетчерського пункту. На рис. 4.1.3 показані насосні установки з вертикальними відцентровими насосами для устаткування свердловин [31]. Насосні установки типу ЕЦВ використовують для обладнання свердловин глибиною від 10 до 700 і більше метрів [3]. Вони можуть працювати у викривлених свердловинах за різноманітних гідрогеологічних умов. Насосні установки з трансмісійним валом застосовують для свердловин глибиною до 120 м; вони можуть працювати тільки у вертикальних свердловинах. У сільськогосподарському водопостачанні для підйому води із свердловин застосовують водоструминні установки – сполучення струминних насосів з відцентровими (рис. 4.1.4) [33].



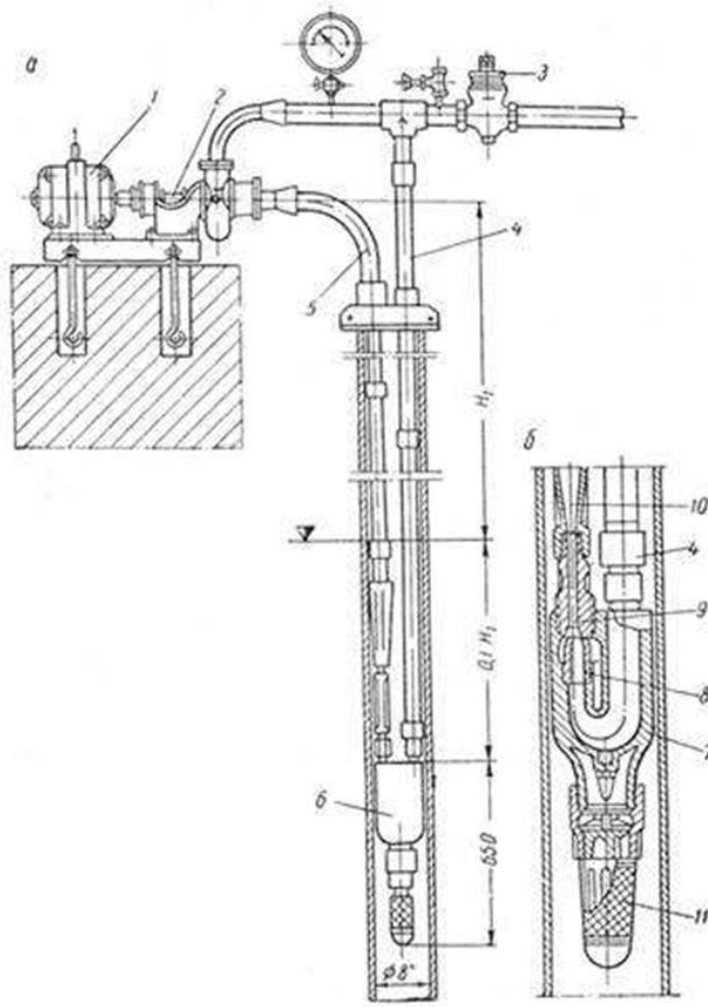
1 – насос; 2 – водопідйомний трубопровід; 3 – опорне коліно; 4 – п'ята приводу; 5 – електродвигун; 6 – манометр; 7 – засувка; 8 – вакуумметр; 9 – приймальний клапан

Рисунок 4.1.3 – Схеми обладнання свердловин насосами:

а), б) – насосна установка з трансмісійним валом та зануреним електродвигуном відповідно; в) схема обладнання свердловини горизонтальним відцентровим насосом

Водоструминна установка проста за конструкцією та надійна в експлуатації. Всі механізми, що вимагають технічного догляду, перебувають на поверхні землі. Установка може піднімати воду із свердловин глибиною до 100

м, розвиваючи напір над віссю відцентрового насоса до 50 м. Подача її залежить від висоти підняття води і у середньому становить 15...20 м³/год [31].



1 – двигун; 2 – насос; 3 – засувка; 4 і 5 – трубопроводи; 6 – водоструминний насос; 7 – корпус; 8 – сопло; 9 – змішувач; 10 – дифузор; 11 – сітка

Рисунок 4.1.4 – Водоструминна установка на свердловині:

а) загальний вигляд; б) водоструминний насос;

Струминний насос (гідроелеватор) занурюють у свердловину під динамічний рівень. Його нагнітальний патрубок з'єднується водопідйомною трубою із всмоктувальним патрубком відцентрового насоса, змонтованого на поверхні землі. Під час роботи установки частина води напірним трубопроводом надходить від відцентрового насоса, а інша частина – від гідроелеватора.

? Питання для самоконтролю

1. Які вимоги будівель насосних станцій відносяться до технологічних?
2. Які вимоги будівель насосних станцій відносяться до технічних?

3. Для яких насосних стацій є характерними заглиблені будівлі?
4. Для яких насосних стацій є характерними будівлі блочного типу?
5. Як призначається позначка підлоги першого поверху верхньої будівлі?

Тема 4.2 Параметри роботи насосних станцій

Мета вивчення теми: усвідомити головні параметри роботи насосних станцій, ознайомитися з теоретичними основами розрахунків робочих параметрів станцій, засвоїти особливості розташування насосів у машинному залі, розширити знання про особливості кавітації в насосах.

План

- 4.2.1 Головні робочі параметри.
- 4.2.2 Теоретичні основи розрахунку робочих параметрів.
- 4.2.3 Розташування насосів у машинному залі станцій.
- 4.2.4 Кавітація в насосах.

 **Ключові терміни:** основне устаткування; механічне устаткування; допоміжне устаткування; висота всмоктування; потужність насосної станції; кавітація.

4.2.1 Основний елемент насосних станцій – насосно-силове устаткування (насоси, насосні агрегати, насосні установки).

Насос – гідравлічна машина, що перетворює енергію двигуна в гідравлічну енергію переміщуваної рідини (енергії тиску).

Насосний агрегат – насос, що агрегатується із двигуном.

Насосна установка – насосний агрегат у комплексі із трубопроводами (всмоктувальним, напірним) та іншим устаткуванням.

Насосна станція – це комплекс насосних установок.

До складу обладнання насосних станцій входять [29]:

- основне устаткування (насоси та приводні двигуни);
- механічне устаткування (пристрої, що утримують сміття, затвори, підйомно-транспортне обладнання);
- допоміжне устаткування (трубопроводи і комунікації, системи технічного водопостачання, дренажно-осушувальна система, система маслостачання, система пневматичного господарства, вакуум-система, контрольно-вимірювальні прилади і система автоматики, електричне устаткування, санітарно-технічне і протипожежне устаткування).

До головних параметрів насосних станцій відносяться [30]:

- продуктивність (подача) – $Q_{НС}$;
- повний напір – $H_{НС}$;
- потужність – $N_{НС}$;
- коефіцієнт корисної дії – ККД.

Продуктивність $Q_{НС}$ (м³/год, л/с) – кількість рідини, яку перекачує станція за одиницю часу

$$Q_{НС} = W \div t, \quad (4.2.1)$$

де W – об'єм рідини (м³ або л);
 t – час (години або секунди).

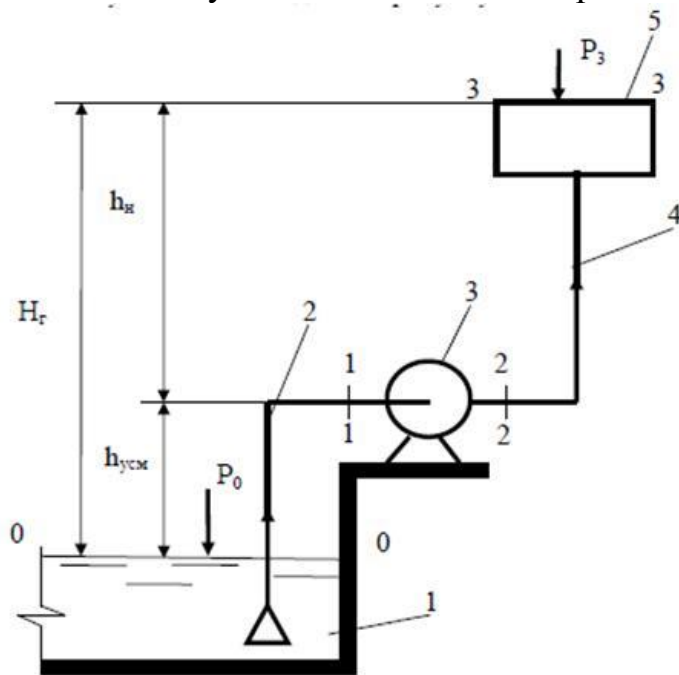
4.2.2 Продуктивність станції визначається залежно від заданої продуктивності системи (водопостачання, водовідведення) і добового режиму водоспоживання (водовідведення). Повний напір станції $H_{НС}$, м, визначається повним напором насосних установок.

Повний напір насосної установки H – це різниця повних питомих енергій потоку на виході та вході в насос [31]:

$$H = e_{2-2} - e_{1-1}, \quad (4.2.2)$$

де e_{2-2} – повна питома енергія потоку на виході з насоса, м;
 e_{1-1} – повна питома енергія потоку на вході в насос, м.

Збільшення енергії потоку ($e_{2-2} > e_{1-1}$) відбувається внаслідок перетворення енергії двигуна. Схема насосної установки показана на рис. 4.2.1.



1 – накопичувальний резервуар; 2 – всмоктувальний трубопровід; 3 – насос;
 4 – напірний трубопровід; 5 – збірний бак; P_0 , P_3 – значення атмосферного тиску на різних позначках

Рисунок 4.2.1 – Схема насосної установки

Геометрична висота підйому рідини (геометричний напір), $H_{Г}$, м:

$$H_{Г} = h_{усм} + h_{н} \quad (4.2.3)$$

де $h_{усм}$ – геометрична висота всмоктування, відстань від рівня рідини в резервуарі до вісі відцентрового (горизонтального) насоса; для насосів з вертикальним валом – до площини, що проходить через вісь лопаток робочого колеса, м;

h_n – висота нагнітання – відстань від вісі насоса до рівня рідини в баку, м.

Потужність насосної станції визначається потужністю насосних агрегатів. Потужність насоса N_n Вт (кВт) – це робота, що виконана насосом за одиницю часу

$$N_n = A \div t. \quad (4.2.4)$$

Робота насоса A , кГм (Дж):

$$A = G \times H = m \times g \times H, \quad (4.2.5)$$

де G – вага об'єму рідини, кг;

m – маса об'єму рідини, кг:

$$m = \rho \times W = \rho \times Q \times t, \quad (4.2.6)$$

де ρ – щільність рідини, кг/м³;

W – об'єм, м³;

Q – продуктивність насоса, м³/с.

Підставимо вираз (4.2.6) у вираз (4.2.5):

$$A = \rho \times Q \times t \times g \times H. \quad (4.2.7)$$

Підставивши вираз (4.2.7) у вираз (4.2.4), отримаємо вираз для визначення потужності N_n , Вт:

$$N_n = g \times Q \times H. \quad (4.2.8)$$

Корисна потужність насоса N_n , Вт:

$$N_n = \rho \times g \times Q \times H. \quad (4.2.9)$$

Для води густиною $\rho = 1000$ кг/м³, якщо подача Q виражається у м³/с і напір H у м:

$$N_n = g \times Q \times H. \quad (4.2.10)$$

Для води, якщо подача Q у л/с і напір H у м, прискорення вільного падіння $g = 9,81$ м/с²:

$$N_n = g \times Q \times H / 1000, \quad (4.2.11)$$

$$N_n = 102 \times Q \times H, \text{ кВт}. \quad (4.2.12)$$

Потужність насосної станції $N_{нс}$, кВт, дорівнює:

$$N_{нс} = \Sigma N_n.$$

Потужність, що підводиться до вала насоса N_v , кВт:

$$N_v = N_n / H_n, \quad (4.2.13)$$

де H_n – повний ККД насоса, %.

Повний ККД насоса, η (%) – відношення корисної потужності насоса до потужності на валу насоса:

$$H = N_H / N_B. \quad (4.2.14)$$

Повний ККД насоса враховує всі втрати (гідравлічні, механічні, об'ємні).

Потужність двигуна $N_{\text{дв}}$, кВт, насоса:

$$N_{\text{дв}} = K \times N_H / (\eta_H \times \eta_{\text{ДВ}} \times \eta_N), \quad (4.2.15)$$

де η_H – ККД насоса, %;

$\eta_{\text{ДВ}}$ – ККД двигуна, %;

η_N – коефіцієнт передачі, %;

K – коефіцієнт запасу на перевантаження двигуна ($K \approx 1,1-1,5$).

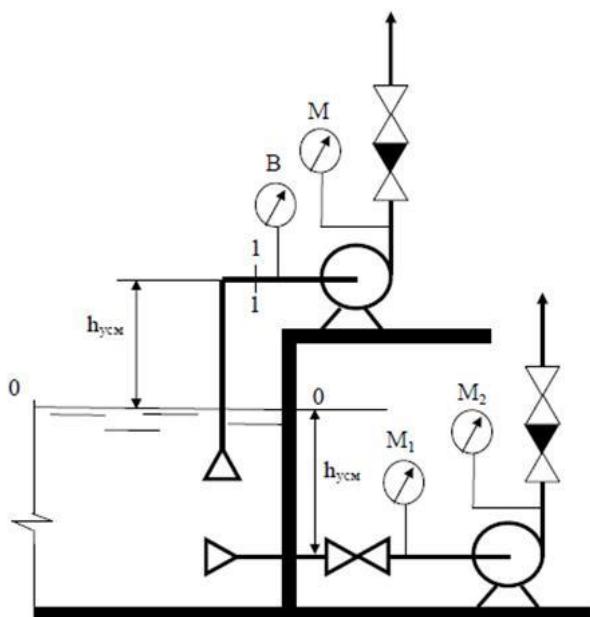
Коефіцієнт корисної дії насосної станції визначається коефіцієнтами корисної дії насосних агрегатів.

Коефіцієнт корисної дії насосного агрегату η_a , %:

$$\eta_a = \eta_H \times \eta_{\text{ДВ}} \times \eta_N. \quad (4.2.16)$$

4.2.3 Залежно від розташування насосів щодо рівня води в резервуарах розрізняють такі станції (рис. 4.2.2):

- 1) з насосами із позитивною висотою всмоктування;
- 2) з насосами під заливом.



M, M_1, M_2 – манометри, B – вакууметр, $h_{\text{вс}}$ – геометрична висота всмоктування

Рисунок 4.2.2 – Схема розташування насоса вище рівня рідини та під заливом

У першому випадку насоси розташовані вище розрахункового рівня рідини в резервуарі. Внаслідок зменшення обсягу і вартості земельних робіт з устрою котлована, будівельних конструкцій підземної частини, комунікацій, знижується вартість будівництва насосної станції. Це станції наземного або частково заглибленого типу [32].

У другому випадку насоси перебувають нижче рівня води в резервуарі. Рух рідини у всмоктувальних трубопроводах, як і в напірних водоводах, відбувається в умовах манометричного тиску, тому робота насоса стабільна.

Рівняння Бернуллі для перерізів 0–0 і 1–1, щодо площини порівняння 0–0 таке:

$$p_a / \gamma = h_{\text{вс}} + p_a / \gamma + (a_1 \times v_1) / 2 \times g, \quad (4.2.19)$$

де $h_{\text{вс}}$ – втрати напору у всмоктувальній лінії, м;

p_a – атмосферний тиск, Па;

v_1 – швидкість руху води, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Геометрична висота всмоктування насоса $h_{\text{ус}}$, м:

$$h_{\text{усм}} = (p_a - p_1) / \gamma - (a_1 \times v_1^2) / 2 \times g - h_{\text{вс}} \quad (4.2.20)$$

У рівнянні (4.2.20) $h_{\text{вак}} = (p_a - p_1) / \gamma$

де $h_{\text{вак}}$ – вакуумметрична висота всмоктування насоса, м (характеризує ступінь вакууму на вході в насос).

$$h_{\text{усм}} = h_{\text{вак}} / \gamma - (a_1 \times v_1) / 2 \times g - h_{\text{вс}}. \quad (4.2.21)$$

З рівняння (4.2.21) виходить, що геометрична висота всмоктування (розташування насоса над рівнем рідини в резервуарі) обмежена ступенем вакууму.

4.2.4 У разі надмірного зниження абсолютного тиску в потоці виникає явище **кавітації**: в області низького абсолютного тиску (нижче тиску пароутворення рідини, що перекачується $p_{\text{п}}$) спостерігається стратифікація потоку, пароутворення, порушується суцільність потоку, виділяються розчинені в рідині гази у вигляді пухирців, пари та каверн [32].

Кавітація представляє собою складний комплекс наступних явищ [31]:

- виділення пари і розчинених газів з рідини в тих місцях, де тиск рідини дорівнює або менше тиску її насичених парів;
- місцеве підвищення швидкості руху рідини в тому місці, де виникло пароутворення, та безладний рух рідини;
- конденсація пухирців пари, які переносяться потоком рідини в місця підвищеного тиску;
- механічні дії, що багаторазово повторюються під час конденсації пухирців, спричиняють механічний процес руйнування матеріалу;
- хімічне руйнування металу в зоні кавітації киснем повітря, який виділився з рідини під час проходження її через зони пониженого тиску.

Кавітація, може відбуватися не тільки у робочому колесі, але й у спрямовуючому апараті або в спіралі, хоча тут вона спостерігається порівняно рідше. Явище кавітації супроводжується характерним потріскуванням в місці всмоктування, шумом і вібрацією насоса [27]. Під час роботи насоса в кавітаційному режимі різко знижується напір, ККД установки та інші параметри.

Для того, щоб забезпечити безкавітаційну роботу насоса, не можна допускати зниження абсолютного тиску в потоці під час всмоктування до рівня тиску насичених парів рідини за даної температури. Не можна допускати, щоб під час роботи насоса абсолютний тиск p знизився нижче тиску пароутворення (пружності парів) p_n рідини, що перекачується.

Допустима висота всмоктування:

$$h_{nrun} = h_{nrun}^{vac} - \Delta h \times \varphi - h_{вс}, \quad (4.2.22)$$

де h_{nrun} – припустима вакуумметрична висота усмоктування, м;

φ – коефіцієнт запасу ($\varphi = 1,2-1,4$).

Приймаємо $\Delta h = \sigma \times H$,

де H – повний напір насоса, м.

$$\sigma = (n_s / c)^{2/3} \quad (4.2.23)$$

де σ – коефіцієнт кавітації;

n_s – коефіцієнт швидкохідності;

c – кавітаційний коефіцієнт ($c = f(n_s)$ (таблиця 4.2.1)).

Таблиця 4.2.1 – Залежність кавітаційного коефіцієнта від коефіцієнта швидкохідності ($c = f(n_s)$) [31]

Коефіцієнт швидкохідності, n_s	50–70	70–80	80–150	150–200
Кавітаційний коефіцієнт, c	10,33	10,2	10,1	10,0

Якщо позначка місцевості $Z > h_{nrun} \times T$ використовується формула:

$$h'_{nrun} = h_{nrun} - 10 + H_{атм} \quad (4.2.24)$$

де h'_{nrun} – припустима вакуумметрична висота усмоктування за умови $Z = 0$, м;

$H_{атм}$ – атмосферний тиск за умови $Z > 0$, м.

За іншої температури води, що перекачується ($t > 20^\circ\text{C}$) припустима вакуумметрична висота всмоктування h'_{nrun} визначається за формулою:

$$h'_{nrun} = h_{nrun} - h_{pt'} - h_{pt} \quad (4.2.25)$$

де h_{nrun} – припустима вакуумметрична висота всмоктування за $t = 20^\circ\text{C}$, м;

$h_{pt'}$ – тиск пароутворення води за умови $t > 20^\circ\text{C}$, м;

h_{pt} – тиск пароутворення за умови $t = 20^\circ\text{C}$, м.

Таблиця 4.2.2 – Значення тиску пароутворення води залежно від температури [31]

$t, ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$h_p = p_p / \gamma$	0.24	0.43	0.75	1.25	2.12	3,17	4,82	7,14	10,33

Кожний насос характеризується величиною кавітаційного запасу (позначається західними насосними фірмами NPSH). Це мінімальний тиск, у межах якого зберігається однофазний стан рідини, що потрапляє в насос, тобто стан рідини. Номінальні значення та криву залежності подачі/напора зобов'язаний надавати виробник насоса. Кавітаційний запас не піддається контролю з точки зору механіки, і оператор насосної станції сприймає кавітацію, що розвивається, за металевим шумом та клацанням. Для того щоб правильно усунути кавітацію, потрібно керуватися таким принципом: на вході в насос має бути завжди більше рідини, ніж на виході [31].

Щоб цього досягнути, необхідно:

- замінити діаметр всмоктувального патрубку на більший;
- перемістити насос ближче до живильного резервуара, але не ближче, ніж 5–10 діаметрів всмоктувальної труби;
- знизити опір у всмоктувальній трубі шляхом заміни її матеріалу на більш гладкий, засувку замінити на шиберну, яка характеризується меншими втратами;
- якщо всмоктувальна труба має повороти, то треба зменшити їхню кількість або замінити малі відводи на більші радіуси повороту, зорієнтувавши їх в одній площині;
- збільшити тиск на всмоктувальному боці насоса шляхом підвищення рівня в живильному резервуарі, зниження вісі установки насоса або використання бустерного насоса.

? Питання для самоконтролю

1. Яку можливість дає обладнання насосних станцій відцентровими насосами, що мають здатність до саморегулювання?
2. Від чого залежить напір насосної станції другого підйому?
3. При яких умовах можуть бути визначені втрати напору в комунікаціях насосних станцій?
4. В яких випадках враховуються втрати напору на ділянці мережі?
5. Як правильно усунути кавітацію?

Розділ 5. Насосні станції другого підйому

Тема 5.1. Насосні станції II підйому

Мета заняття: ознайомитися з режимами роботи насосних станцій другого підйому, засвоїти теоретичні знання з розрахунку необхідного напору насосів, систематизувати знання щодо принципів вибору протипожежних насосів, а також принципів компоновання насосного обладнання в машинному залі станції.

План

- 5.1.1 Режими роботи і подача насосних станцій другого підйому.
- 5.1.2 Визначення напору насосних станцій другого підйому.
- 5.1.3 Протипожежні та спеціальні насоси станцій другого підйому.
- 5.1.4 Розміщення насосного устаткування на станціях другого підйому.

 **Ключові терміни:** режим роботи; водонапірна башта; необхідний напір; пожежні насоси; система пожежогасіння.

5.1.1 Економічність станції другого підйому багато в чому залежить від правильності вибору режиму її роботи. Оскільки станція другого підйому подає воду безпосередньо в мережу споживача, режим її роботи буде визначатися режимом водоспоживання і наявністю напірно-регулюючих споруд системи водопостачання [29].

Якщо в мережі водоспоживача немає напірно-регулюючої споруди, то для забезпечення споживачів водою в період максимального споживання (за графіком на рис. 5.1.1 – від 7 до 8 год та від 16 до 17 год) годинну подачу станції необхідно приймати за максимальною подачею, що дорівнює 6,0% від обсягу добового водоспоживання. При розглянутому графіку такий варіант буде неекономічний, тому що тривалість максимального водоспоживання невелика. подача насосної станції за максимальним значенням годинного водоспоживання приймається в тому випадку, якщо максимальне споживання має тривалий період і амплітуда його коливання невелика. Такі графіки характерні для великих міст.

Загальну подачу, а отже, і потужність насосної станції можна зменшити, якщо в мережу споживачів включити водонапірну башту з регулюючою ємністю. Порівняння графіків подачі насосів і водоспоживання показує, що за період з 0 до 4 год, з 12 до 16 год та з 23 до 24 год водоспоживання менше подачі, а надлишковий об'єм води надходить у бак водонапірної башти (рис. 5.1.1.).

За годинні періоди 4–6, 7–8, 9–10, 16–19, 21–23 на додаток до обсягу води, що перекачується насосами, споживач одержує воду від водонапірної башти. У такий спосіб здійснюється добове регулювання подачі води споживачам.



Рисунок 5.1.1 – Графік роботи насосної станції та водоспоживання міста

Для зменшення регулюючої ємності приймають ступінчастий графік подачі насосної станції, наближаючи його до графіка водоспоживання. Звичайне число ступенів графіка подачі призначають не більше трьох, тому що його збільшення призводить до збільшення кількості насосів, що знижує економічні показники насосної станції. З 0 до 6 год та з 21 до 24 год працює перша група насосів з подачею 1,98 %, а з 6 до 21 год, до першої групи підключається друга група насосів, і повна їх годинна подача дорівнює 5,47 % від об'єму добового водоспоживання. Більш точно регулюючий об'єм підраховується табличним способом.

При відсутності графіків водоспоживання і подачі насосної станції регулюючий об'єм визначають за формулою [7, п.13.1.2]

$$W_p = Q_{доб\ max} \times [(1-K) + (K_{год} - 1) \times (K_n / K_{год})^{K_{год} / (K_{год} - 1)}], \quad (5.1.1)$$

де $Q_{доб\ max}$ — витрата води за добу максимального споживання, м³/доб;

$K_{год}$ — коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання або відбору води з регулюючої ємності: $K_{год} = q_{год\ max} / q_{год\ серед}$;

$q_{год\ max}$ — максимальна годинна витрата води за добу максимального водоспоживання, м³/год.;

$q_{год\ серед}$ — середня годинна витрата води в добу максимального водоспоживання, м³/год.;

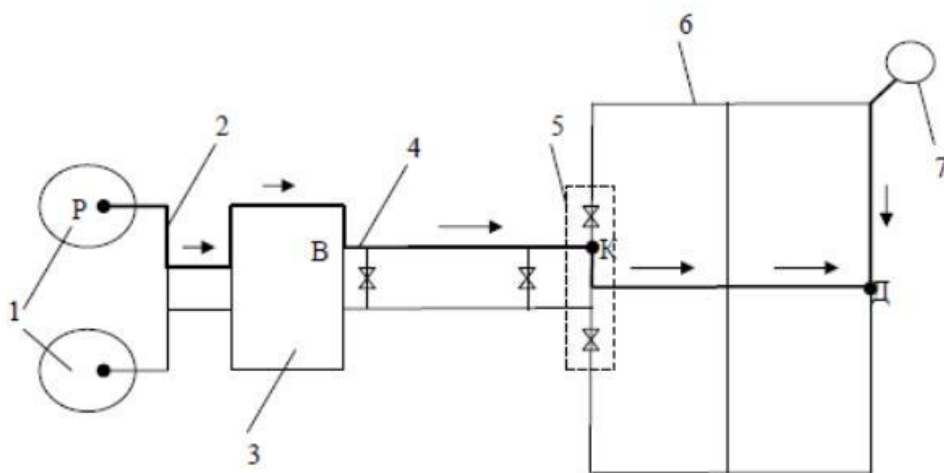
K_n — коефіцієнт [п.13.1.2] нерівномірності подачі води насосною станцією у регулюючу ємність: $K_n = q_{год\ max} / q_{год\ серед}$;

$q_{год\ max}$ — максимальна годинна подача насосної станції в розрахункову добу, м³/год.

Обладнання насосних станцій відцентровими насосами, що мають здатність до саморегулювання, дозволяє використовувати системи водопостачання без регулюючих ємностей при будь-якому значенні коефіцієнта годинної нерівномірності. Але застосування систем без башти є економічно доцільно тільки при відносно невеликих коефіцієнтах годинної нерівномірності

водоспоживання, у протилежному випадку зростають витрати електроенергії внаслідок необхідності подавати воду в години малих витрат при напорах, що значно перевищують необхідні. Остаточний вибір варіанта подачі насосної станції другого підйому, а також необхідність включення в систему регулюючої ємності встановлюють на підставі порівняння техніко-економічних показників при різних варіантах.

5.1.2 Напір насосної станції другого підйому визначають за ситуаційним планом і схемою вертикального планування споруд системи (від резервуарів чистої води до диктуючої точки). Він залежить від розрахункового вільного напору, наявності і місця розташування водонапірної башти в системі, від режиму роботи системи. Ефективність керування поточкорозподілом у водопровідних мережах залежить від правильного вибору кількості та місць розташування вузлів контролю тиску [12]. Напір станції другого підйому може бути визначений тільки після розрахунку водопровідної мережі, визначення висоти водонапірної башти і місця її розташування. За рахунок зменшення наднормативних напорів, їх стабілізації і максимальному наближенні до номінальних можна зменшити втрати води через витоки на величину до 6 %, що при існуючих тарифах на воду дозволить суттєво скоротити експлуатаційні витрати [13]. На рис. 5.1.2 показаний загальний ситуаційний план розміщення водопровідних споруд другого підйому [31].



1 – резервуари чистої води; 2 – всмоктувальний водовід (зовнішній); 3 – насосна станція другого підйому; 4 – нагнітальний водовід; 5 – камера підключення водовода до мережі; 6 – мережа магістральних трубопроводів; 7 – водонапірна башта

Рисунок 5.1.2 – Ситуаційний план

Для визначення необхідного напору насосної станції позначають найдовший з можливих шлях руху води від резервуарів чистої води (точка *P*) до диктуючої точки *Д*. Весь шлях *P-Д* розбивають на характерні ділянки для визначення втрат напору на них. Потрібний напір насосів у загальному випадку для відкритих систем визначають за формулою [31, 33]:

$$H = H_{\Gamma} + \Sigma h = H_{\Gamma} + h_{y.в} + h_{н.с} + h_{в.м} + h_{н.в} + h_{м}, \quad (5.1.2)$$

де H_{Γ} – геометрична висота підйому води, м;

$h_{y.в}$ – втрати напору у всмоктувальному водоводі (на ділянці $P-K-B$), м;

$h_{н.с}$ – втрати напору у всмоктувальних і напірних комунікаціях усередині насосної станції, м;

$h_{в.м}$ – втрати напору у водомірі, м;

$h_{н.в}$ – втрати напору у напірному водоводі (на ділянці $B-K$), м;

$h_{м}$ – втрати напору на одному з напрямків (з найбільшими втратами) мережі, м.

Геометричну висоту підйому води визначають за схемою висотного планування споруд. Втрати напору у всмоктувальному і нагнітальному водоводах і можна визначити за формулами:

$$h_{y.в} = (1,1 \dots 1,15) \times 1000 \times i \times l_{yв}, \quad (5.1.3)$$

$$h_{н.в} = (1,05 \dots 1,1) \times 1000 \times i \times l_{нв}, \quad (5.1.4)$$

де i – питомі втрати напору, м;

$l_{yв}$ – довжина всмоктувального водоводу, м;

$l_{нв}$ – довжина напірного водоводу, м.

У круглих дужках зазначені поправочні коефіцієнти, що враховують місцеві втрати на розрахункових ділянках. Втрати напору в комунікаціях насосної станції ($h_{нс}$) складаються в основному із втрат у місцевих опорах, які для обраного розрахункового напрямку визначають окремо, а потім підсумовують (таблиця 5.1.1).

Таблиця 5.1.1 – Визначення втрат напору в комунікаціях насосної станції

Найменування вузла місцевого опору	Кількість однотипних вузлів	d_y , мм	Q , л/с	ζ	v , м/с	$v^2/2g$	$\zeta v^2/2g$
Всмоктувальні комунікації (ділянка $K-H$)							
.....							
.....							
Напірні комунікації (ділянка $H-B$)							
.....							
.....							

У попередніх розрахунках напору насосних станцій другого підйому втрати у внутрішніх комунікаціях приймають орієнтовно на всмоктувальній ділянці $h_{\text{в}} = (0,5 \dots 1)$ м, на напірній – $h_{\text{наг}} = (2 \dots 3)$ м.

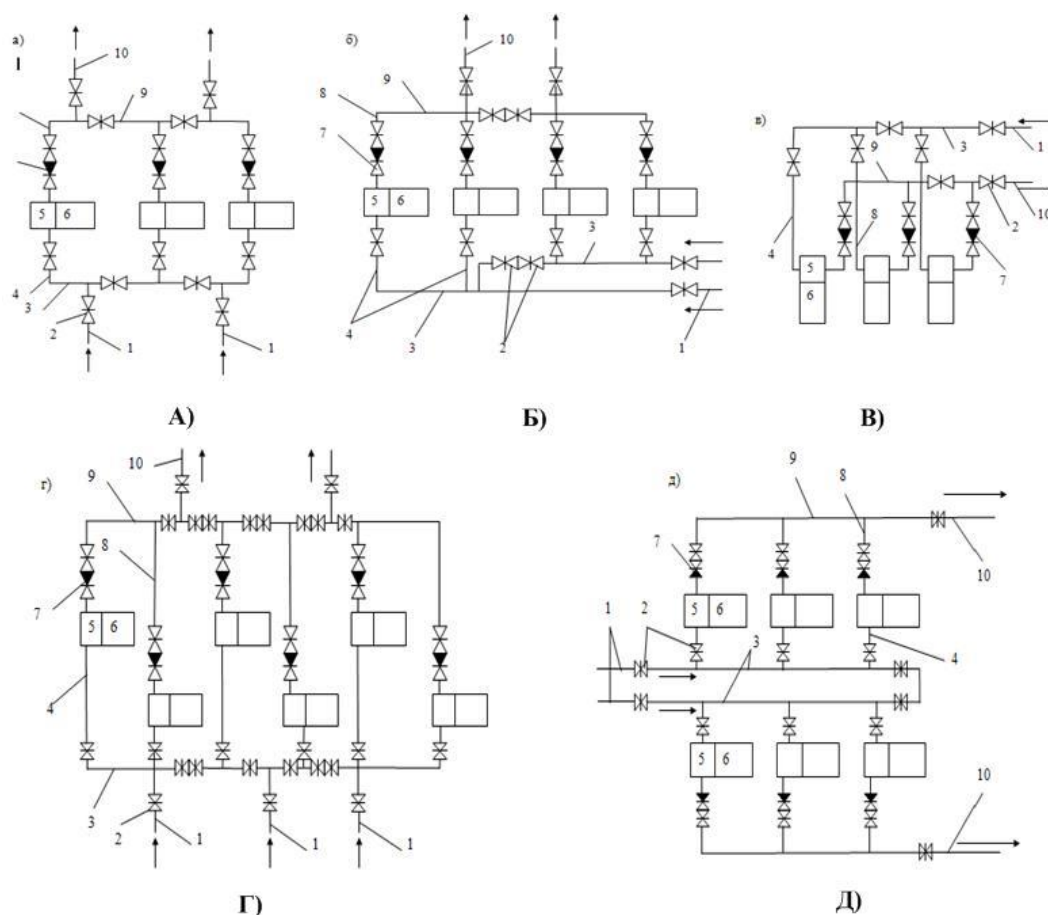
5.1.3 Насосні станції другого підйому повинні забезпечити в будь-якій точці водопровідної мережі розрахункову протипожежну витрату води в момент максимального водоспоживання. Витрату води на пожежогасіння визначають за нормою витрати на одну пожежу і розрахунковою кількістю одночасних пожеж. Тривалість гасіння пожежі – приблизно 3 год. Напір протипожежних насосів залежить від типу протипожежних мереж. Останні за способом гасіння пожежі поділяються на мережі низького і високого тиску.

Протипожежна мережа низького тиску повинна забезпечувати в розрахункових точках гасіння пожежі необхідну протипожежну витрату води при напорі не менше 10 м. Такий напір приймається, щоб уникнути можливості утворення в мережі вакуумметричного тиску при підключенні до гідрантів мобільних пожежних насосів, які створюють напір для утворення струменів необхідної висоти. Мережа протипожежного водопроводу високого тиску має забезпечувати в розрахунковій точці гасіння пожежі як необхідну витрату води, так і напір для отримання з гідрантів струменів з компактною ділянкою висотою не менше 10 м [7, п. 6.3.5]. Методика визначення напору для пожежних насосів така ж, як і для господарських: для розрахункової точки гасіння пожежі призначають необхідний протипожежний напір, що визначає геометричну висоту підйому води ($H_{\text{г.п}}$).

Додаючи до $H_{\text{г.п}}$ відповідного протипожежного режиму роботи втрати, визначають необхідний напір ($H_{\text{п}}$). Якщо протипожежний напір (в об'єднаній мережі господарсько-питного і протипожежного водопроводу) менший або дорівнює напору при нормальній роботі, то, з урахуванням можливості зниження під час пожежі геометричної висоти підйому води, на підставі аналізу роботи насосів встановлюють можливість забезпечення ними розрахункової витрати води. Якщо витрата води не забезпечується, підбирають додаткові пожежні насоси (один або кілька) з напором, який дорівнює напору, визначеному для умов нормальної роботи станції. У випадку, коли протипожежний напір більший за напір господарських насосів, необхідно встановлювати додатково окремий пожежний насос або групу насосів, що забезпечують протипожежний напір з протипожежною і максимальною господарською витратами води.

Часто на станціях другого підйому використовують спеціальні насоси, призначені для промивання фільтрів очисної станції. Подачу промивних насосів визначають залежно від розмірів та інтенсивності промивання фільтрів, а напір – за схемою вертикального планування споруд із урахуванням опору фільтра в період промивання. В окремих випадках у заглиблених і наполовину заглиблених насосних станціях передбачають установку спеціальних насосів для відкачування води під час можливих аварій. Подачу таких насосів визначають із умови відкачування з машинного залу води в об'ємі $0,5 \text{ м}^3$ за годину. До того ж передбачають один резервний агрегат.

5.1.4 На рис. 5.1.3 показані схеми розміщення насосних агрегатів [31].



1, 3 – всмоктувальна труба; 2 – засувка; 4 – усмоктувальна підводка; 5 – насос; 6 – електродвигун; 7 – зворотний клапан; 8 – нагнітальна підводка; 9, 10 – нагнітальний колектор і водовід

Рисунок 5.1.3 – Схеми розміщення насосних агрегатів

Насосні станції другого підйому в більшості випадків виконуються прямокутними у плані та обладнуються горизонтальними насосами типу Д або К. Виняток становлять досить великі станції, на яких встановлюються насоси типу В. Тому в практиці проектування цих станцій здебільшого зустрічається таке розміщення насосних агрегатів: однорядне із фронтальним підведенням і відведенням води (рис. 5.1.3, А); однорядне з бічним і фронтальним відведенням води (рис. 5.1.3, Б); однорядне з однобічним розташуванням всмоктувального і напірного колекторів (рис. 5.1.3, В); двохрандне шахове із фронтальним підведенням і відведенням води (рис. 5.1.3, Г); дворядне симетричне з бічним підведенням і відведенням води (рис. 5.1.3, Д).

? Питання для самоконтролю

1. Як вибирають основні робочі агрегати насосних станцій?

2. До яких насосних станцій ставлять найвищі вимоги по резервному обладнанню?
3. Як приймається кількість резервних агрегатів насосних станцій?
4. Як треба встановлювати насоси, розташовані під заливом?
5. Яке обладнання застосовується для вимірювання тиску?

Тема 5.2 Будівлі водопровідних насосних станцій

Мета заняття: ознайомитися із загальними вимогами до будівель насосних станцій, розширити теоретичні знання про типи будівель насосних станцій, засвоїти принципи розрахунку висоти верхньої частини будівлі насосної станції.

План

- 5.2.1 Загальні вимоги до будівель насосних станцій.
- 5.2.2 Основні типи будівель насосних станцій.
- 5.2.3 Підземна частина будівель насосних станцій.
- 5.2.4 Верхня частина будівель насосних станцій.

 **Ключові терміни:** технологічні вимоги; архітектурно-композиційні рішення; зовнішні пілястри; контрфорси; ухил маршу сходів.

5.2.1 Будівлі насосних станцій, повинні відповідати наступним вимогам:

- технологічним (або функціональним);
- технічним
- архітектурно-композиційним;
- економічним.

До технологічних відносяться вимоги:

- до простору, розміри якого повинні бути достатніми для розміщення технологічного і підйомно-транспортного обладнання та забезпечення нормальних умов його експлуатації;
- до повітряного середовища та світлового режиму, які повинні забезпечувати здорові умови праці персоналу та збереження технологічного обладнання;
- до акустичного режиму, який повинен забезпечувати допустимий рівень шуму як для персоналу станції, так і для оточуючих [23].

До технічних відносяться вимоги:

- до міцності та стійкості будівельних конструкцій, які залежать від матеріалів та діючих на них навантажень;
- до вибухової та пожежної безпеки;
- до санітарно-технічного та інженерного обладнання будівлі.

Архітектурно-композиційні рішення будівель насосних станцій повинні враховувати [4]:

- містобудівні вимоги, якщо насосна станція проектується в системі міської забудови;
- вимоги до архітектури будівлі, які передбачають виразне та привабливе рішення будівлі;
- вимоги до інтер'єру, який повинен бути привабливим та сприятливим для продуктивної праці персоналу.

До економічних вимог відносяться економічність об'ємно-планувальних, конструктивних та архітектурно-художніх рішень.

5.2.2 Тип будівлі насосної станції, призначеної для розміщення основного та допоміжного обладнання, комунікацій трубопроводів, а також службових приміщень, залежить як від призначення та потужності насосної станції, так і від наступних факторів:

- розташування будівлі насосної станції відносно водозабірної споруди (сумісно або роздільно);
- конструкції вибраних насосних агрегатів (горизонтальні або вертикальні);
- кавітаційних та енергетичних характеристик робочих насосів (припустима висота всмоктування, умови пуску в роботу);
- режиму джерела (коливання рівня води, ступеня забруднення, наявності наносів, зимових умов);
- геологічних та гідрогеологічних умов в місці розташування насосної станції (основа насосна станція, наявність ґрунтових вод);
- кліматичних умов;
- технології виконання будівельних робіт.

В залежності від вказаних факторів будівлі насосних станцій можуть бути наземними, частково заглибленими, заглибленими та підземними.

Заглиблені будівлі характерні для насосних станцій, на яких насоси встановлені під заливом, такі будівлі проектуються при значних коливаннях рівнів води у джерелі. В заглиблених станціях розрізняють підземну частину та верхню будівлю. Якщо максимальний рівень ґрунтових вод знаходиться нижче рівня підлоги машинного залу, то підземна частина насосних станцій (крім каналізаційних) влаштовується аналогічно звичайним промисловим будівлям з роздільними фундаментами під насосні агрегати та будівельні конструкції.

При високих ґрунтових водах в залежності від конструкції підземної частини будівлі насосних станцій ділять на камерні та блочні. Будівлі камерного типу (рис.5.2.1, А) мають в основі підземної частини суцільну залізобетонну плиту і простір над нею у вигляді камери, що виконує функції машинного залу або приймального резервуару. В першому випадку камера називається «сухою», а в другому – «микрою».

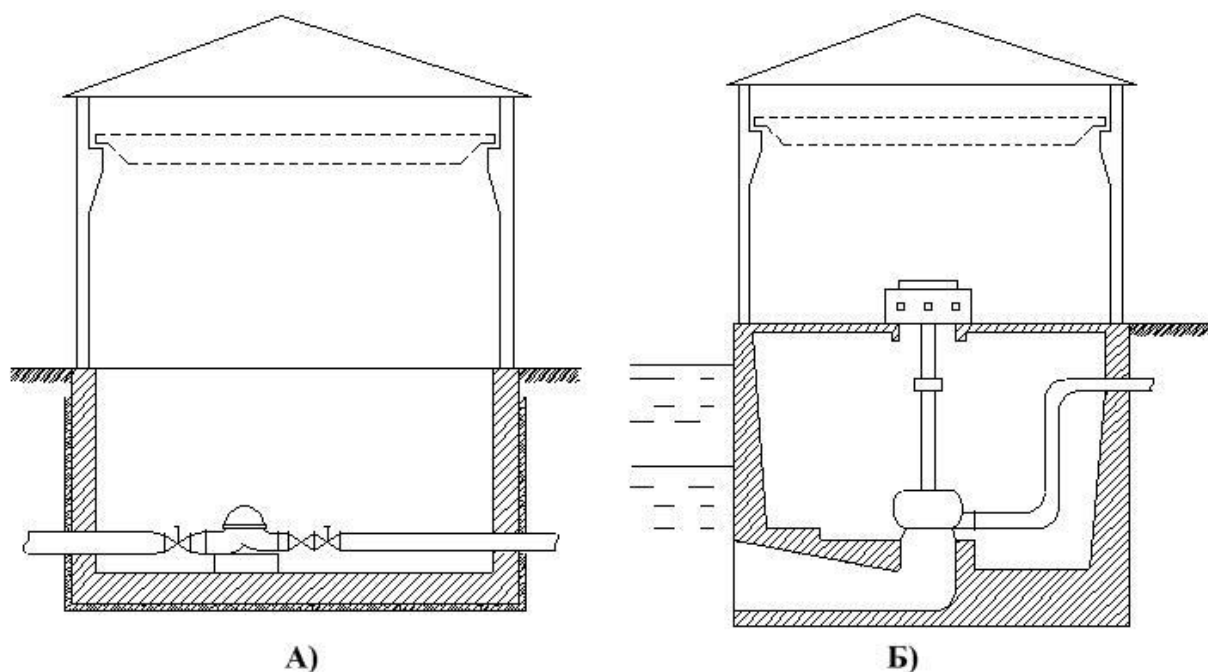


Рисунок 5.2.1 – Типи будівель насосних станцій

Заглиблені будівлі блочного типу характерні для крупних насосних станцій, обладнаних потужними вертикальними насосами (рис.5.2.1, Б). Підвід води до них здійснюється з допомогою спеціальних зігнутих всмоктувальних труб складної конфігурації, виконаних в масивному бетонному блоці, що представляє собою підземну частину будівлі. Такі будівлі, зазвичай, суміщені з водозабірною спорудою.

Підземні будівлі характерні для невеликих насосних станцій, які забирають ґрунтові води і обладнані зануреними насосами.

5.2.3 Залежно від типу насосної станції, компоновки обладнання та величини заглиблення підземної частини будівлі станція може мати різну конструкцію. В більшості випадків вона виконується з монолітного бетону та залізобетону, рідше – із збірних елементів. Це пов'язано, з одного боку, з труднощами уніфікації окремих елементів підземної частини, а з іншого, складністю забезпечення водонепроникності збірної конструкції при великій кількості стиків.

При невеликому заглибленні та будівництві підземної частини у відкритому котловані віддають перевагу прямокутній в плані формі (рис.5.2.2, А), оскільки вона забезпечує найзручнішу, з точки зору експлуатації, компоновку трубопроводів та обладнання. При великих прогонах будівлі вертикальні стіни підсилюють внутрішніми поперечними балками, зовнішніми пілястрами або контрфорсами. При великому заглибленні переходять на циліндричну конструкцію підземної частини (рис. 5.2.2, Б). При необхідності циліндрична будівля підсилюється поперечною діафрагмою (рис. 5.2.2, В). При великій кількості потужних агрегатів та пов'язаною з цим великою потрібною довжиною будівлі застосовують стільникові (рис. 5.2.2, Г), еліптичні (5.2.2, Д) та коміркові конструкції (5.2.2, Е).

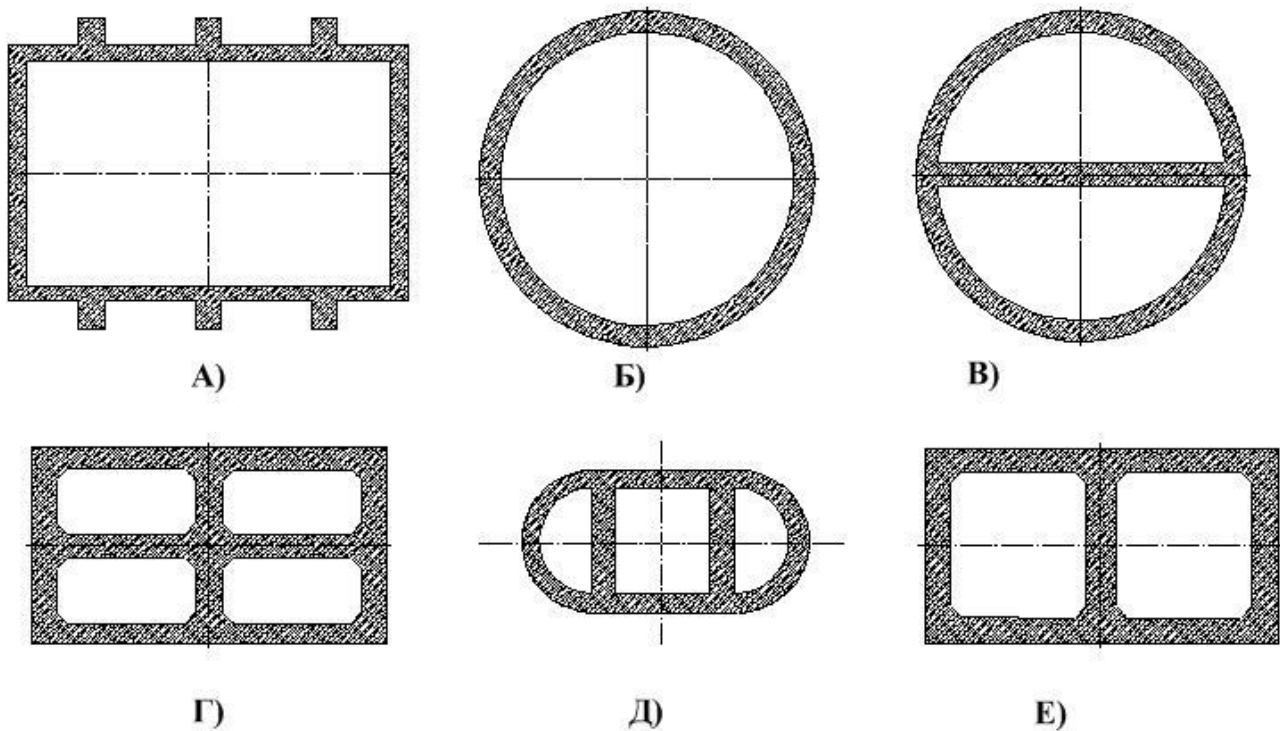


Рисунок 5.2.2 – Форми насосних станцій у плані

Три останні конструкції підземної частини дозволяють вести будівництво опускним способом з безперервним бетонуванням стін.

Підземна частина будівель блочного типу практично завжди має прямокутну форму, оскільки вона забезпечує ефективне розташування потужних вертикальних насосів, вода до яких підводиться крупногабаритними зігнутими всмоктувальними трубами.

Підземна частина будівлі насосної станції повинна мати надійну основу.

При наявності ґрунтової води стіни та дно заглибленої частини розраховуються на тиск цієї води і ґрунтів. Крім того, конструкція будівлі повинна бути перевірена на спливання при високому рівні ґрунтової води.

Для сполучення підземної частини з наземною в заглиблених насосних станціях передбачаються сходи шириною 1,0–1,2 м. Ухил кожного маршу сходів не більше 1: 2, а кількість східців в кожному марші не більше 20 [7, п.17.2.9]. На великих насосних станціях, крім основних сходів рекомендується влаштування резервні з більшими маршами і меншою шириною (0,75–0,80 м) [11, п.6.3.1].

Для переходу через труби в машинному залі влаштовуються містки зі сходами шириною 0,7 м. Вони повинні мати огорожуючі перила висотою 1,0 м.

5.2.4 Конструкція верхньої будівлі насосної станції може бути каркасною або безкаркасною. Розміри будівлі визначаються з урахуванням стандартних прольотів, кроку колон, ширини плит покриття. Для будівель каркасної конструкції розміри кратні 6 м, а довжина будівлі з несучими стінами приймається кратною 1,5 м.

Позначка підлоги першого поверху верхньої будівлі призначається на 0,10–0,15 м вище планувальної позначки поверхні землі. На позначці першого поверху передбачається монтажний майданчик. Він може розташовуватись на балконі над заглибленим машинним залом, або в незаглибленій частині будівлі. Тому розміри в плані верхньої частини станції можуть бути більшими розмірів підземної частини.

Монтажний майданчик повинен примикати до монтажних воріт. Розміри воріт повинні бути достатніми для в'їзду вантажного автомобіля або внесення найбільш громіздкого обладнання. Будівля повинна мати два входи, один з яких можна влаштувати в монтажних воротах.

Покриття над будівлею насосної станції влаштовується без горища з негорючого матеріалу з відповідною тепловою ізоляцією.

Машинний зал повинен мати достатнє природне освітлення, для чого вікна влаштовуються по можливості з обох боків будівлі. Відношення площі вікон до площі підлоги повинно бути не менше 1:6 – 1:7 [7, п.11.10].

Допоміжні приміщення насосної станції (електрична частина, кабінет начальника, кімната обслуговуючого персоналу, майстерня, туалет) в незаглиблених та напівзаглиблених станціях виносять в прибудову. В заглиблених станціях ці приміщення намагаються розмістити на перекритті машинної зали.

Прибудову проєктують з несучими стінами товщиною 0,38 – 0,25 м і стрічковими фундаментами. Висоту її визначають виходячи з висоти камер трансформаторів або КСО (камер стаціонарних одностороннього обслуговування), але не менше 3,0 м. Розміри прибудови в плані повинні бути кратними 1,5 м. При цьому необхідно враховувати наступне: ворота трансформаторних камер повинні виходити назовні будівлі, приміщення розподільних пристроїв довжиною більше 7 м повинно мати два виходи; щитова, кабінет начальника та кімната обслуговуючого персоналу повинні мати природне освітлення; щитова повинна примикати до машинного залу і стіна, що їх розділяє, мати скляний отвір [31].

Насосна станція повинна мати систему теплопостачання та вентиляції згідно із вимогами [8]. В ній влаштовується санвузол з туалетом та умивальником, приєднаними до мереж водопроводу та каналізації.

Для зберігання одягу в насосній станції мають бути передбачені індивідуальні шафи для кожного постійного робітника. Для зберігання інструментів, дрібних запасних частин та обтирочних матеріалів в приміщенні насосної станції, зазвичай, біля монтажного майданчика передбачається місце для шафи.

В середині насосної станції повинні бути встановлені пожежні крани, а зовні – пожежний гідрант.

? Питання для самоконтролю

1. Яке обладнання застосовується для вимірювання розрідження у всмоктувальних трубопроводах?
2. На які типи поділяють водолічильники в залежності від конструкції?

3. Від чого залежить висота підземної частини насосної станції заглибленого типу?
4. Якою повинна бути висота верхньої будівлі, не обладнаної вантажопідйомними механізмами?
5. Яким чином попереджається можливість накопичення в повітря у всмоктувальній лінії?

Розділ 6. Обладнання насосних станцій

Тема 6.1 Системи технічного водопостачання та обладнання насосних станцій

Мета заняття: ознайомитися із обладнанням насосних станцій, засвоїти принципи вибору вантажопідйомного обладнання, а також теоретичні знання про особливості улаштування системи технічного водопостачання, систем осушення та видалення осаду; навчитися розуміти принципи вибору контрольно-вимірювальної апаратури насосних станцій.

План

- 6.1.1 Склад обладнання насосних станцій.
- 6.1.2 Трубопровідна арматура, труби та фасонні частини.
- 6.1.3 Вантажопідйомне обладнання.
- 6.1.4 Системи технічного водопостачання насосних станцій.
- 6.1.5 Системи осушення та видалення осаду з водоприймальних камер.
- 6.1.6 Контрольно-вимірювальна апаратура насосних станцій.

 **Ключові терміни:** синхронні та асинхронні електродвигуни; ручна таль; тельфер; кран-балка; мостовий кран; дренажні насоси; діафрагми; сопла Вентурі.

6.1.1 Для здійснення своєї головної функції – подачі води насосна станція має велику кількість різного обладнання. Все обладнання та системи, що входять в схему насосної станції, можна розділити на такі групи [29, 31]:

1. Основне енергетичне обладнання. Воно включає насоси та приводні двигуни.

2. Механічне обладнання. До нього відносяться сміттєзатримуючі пристрої, арматура та вантажопідйомне обладнання.

3. Допоміжне обладнання. Воно складається з систем заливки насосів, технічного водопостачання, дренажу, осушення та видалення осаду, а також мастильного та пневматичного господарства, контрольно-вимірювальної апаратури та систем автоматики.

4. Електричні пристрої. До них належать силові трансформатори, розподільні пристрої, струмопроводи, системи контролю.

5. Протипожежні та санітарно-технічні пристрої.

Насосні станції систем водопостачання та водовідведення в залежності від потрібного напору та подачі обладнуються відцентровими, діагональними або осьовими насосами .

На водопровідних насосних станціях, як правило, застосовують насоси загального призначення, що допускають перекачування води з температурою до 85°C та вмістом твердих часток до 3 г/л при їх розмірі до 0,1 – 0,2 мм. Частіше за все на таких станціях встановлюють горизонтальні насоси двохстороннього входу типу Д, а при подачах до 0,08 м³/с – консольні насоси типу К. На заглиблених насосних станціях першого підйому широко застосовують вертикальні відцентрові насоси типу В. При великих подачах (більше 1 м³/с) та малих напорах (4 – 25 м) можуть застосовуватись осьові насоси [5, 23].

В насосних станціях систем відведення побутових стічних вод, як правило, встановлюють насоси типу СД (стічні динамічні) або СДВ (стічні динамічні вертикальні), призначені для перекачування стічних вод з рН=6÷8,5, густиною до 1050 кг/м³, температурою до 80°C та вмістом абразивних часток до 1% за об'ємом. В деяких випадках в системах водовідведення можуть бути застосовані ґрунтові насоси типів Гр та ГрУ [19].

В якості приводів для насосів застосовують здебільшого електричні двигуни, рідше двигуни внутрішнього згорання і ще рідше парові турбіни. Електродвигуни можуть бути асинхронними та синхронними. При проектуванні насосних станцій можна дотримуватись таких рекомендацій [5]:

1) до потужності насосу 300 кВт приймаються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором (напругою до 380 В при потужності до 100 кВт і 6000 В при більших потужностях).

2) якщо потужність насосу перевищує 300 кВт, приймаються синхронні електродвигуни високої напруги (6000 В та 10000 В).

6.1.2 При облаштуванні насосних станцій для забезпечення їх нормальної експлуатації застосовують загальнопромислову та спеціальну арматуру. В нижній (приймальній) частині всмоктувальних трубопроводів встановлюють приймальні клапани, сітки або приймальні лійки (рис.6.1.1).

Приймальні клапани встановлюють, як правило, на насосних станціях із всмоктувальними трубами діаметром не більше 300 мм в тих випадках, коли вони не обладнані вакуум-насосами. Приймальний клапан складається з захисної сітки та зворотного клапана, який запобігає витіканню рідини з насосу та всмоктувального трубопроводу. На всмоктувальних лініях насосів, які перекачують чисту воду, приймальний клапан встановлюють без сітки. В тих випадках, коли насос встановлений під заливом або для заливки насосу застосовують вакуум-насос, а в перекачуваній рідині можуть знаходитись крупні забруднення, встановлюють тільки приймальну сітку.

На всмоктувальних трубопроводах великих насосів встановлюють приймальні лійки, що дозволяє зменшити вхідні швидкості та гідравлічні опори на вході води в трубопровід. На всмоктувальних трубопроводах каналізаційних насосів встановлюють тільки приймальні лійки.

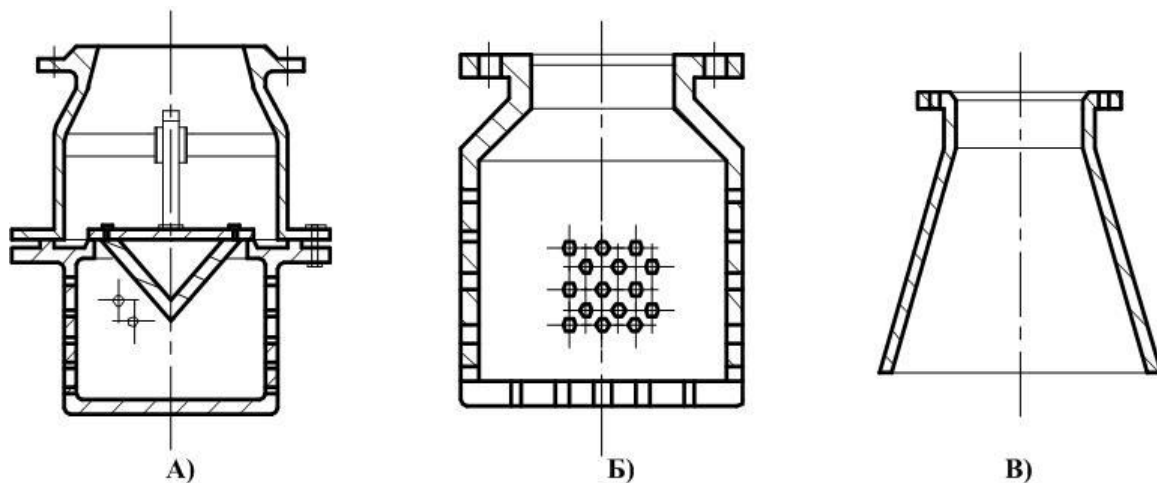


Рисунок 6.1.1 – Приймальне обладнання насосних станцій: А) клапан; Б) сітка; В) лійка

На напірних трубопроводах встановлюють засувки або поворотні затвори та зворотні клапани. Засувки та поворотні затвори призначені для відключення насосів або ділянок трубопроводів при зміні режиму роботи станції (наприклад, при зупинці одного з насосів). З допомогою засувок та поворотних затворів в деяких випадках здійснюється регулювання подачі.

Засувки бувають клинові та паралельні (рис.6.1.2). Клинові засувки встановлюють на трубопроводах діаметром до 300 мм, а паралельні – на трубопроводах більшого діаметра. Випускаються засувки з ручним, електричним або гідравлічним приводом. Засувки з ручним приводом застосовують на невеликих неавтоматизованих насосних станціях на трубопроводах діаметром не більше 400 мм [2].



Рисунок 6.1.2 – Засувки: А) клинова; Б) паралельна

Для трубопроводів більших діаметрів, а також на всіх автоматизованих станціях застосовують засувки з електричним або гідравлічним приводом.

Поворотні затвори надійніші засувки, мають меншу металоємність та більш придатні для роботи з електричними або гідравлічними приводами. Вони мають менші розміри та ціну, але у них більший коефіцієнт місцевого опору. Крім того, вони потребують влаштування обвідних труб (байпасів) для вирівнювання тиску з обох сторін при відкриванні.

Для запобігання зворотньої течії води через насос при його раптовій зупинці на напірних лініях встановлюють зворотні клапани. Застосовуються клапани двох основних типів: з верхньою підвіскою диска (типу „захлопка”) та з ексцентричною підвіскою („безударні”). Зазвичай рекомендується застосовувати безударні клапани. Встановлюють зворотні клапани між напірним патрубком насоса та засувкою, що дозволяє відключати клапани від напірного трубопроводу для періодичного обстеження та ремонту [1, 2].

Для полегшення монтажу та демонтажу арматури на трубопроводах застосовують монтажні вставки, в якості котрих зазвичай використовують сальникові компенсатори. Монтажні вставки розташовують між зворотним клапаном та запірною арматурою.

В межах будівлі насосної станції комунікації виготовляють із сталевих труб [7, п.11.13]. Окремі ділянки внутрішніх комунікацій станції з'єднуються, як правило, зварюванням з використанням фланців для приєднання до арматури та насосів .

Для влаштування на трубопроводах поворотів, відгалужень, переходів з одного діаметра на інший, а також для установки на трубопроводах арматури використовують фасонні частини. Стальні гнуті та штампозварені фасонні частини для труб діаметром до 500 мм, що з'єднуються зварюванням, серійно виготовляються промисловістю. Фасонні частини більших діаметрів, зварені зі сталевих труб, що з'єднуються на зварюванні або фланцях, виготовляються, як правило, монтажниками на місці будівництва станції.

6.1.3 Для монтажу та демонтажу насосних агрегатів, арматури та іншого обладнання насосні станції обладнуються вантажопідйомними механізмами, в якості котрих використовують ручні талі (з кішками та без них), електротельфери, кран-балки, мостові крани.

Для підйому вантажу без переміщення його, наприклад для транспортування через вантажну шахту вгору або вниз, застосовують талі. Якщо потрібно переміщувати вантаж в одному напрямку, то застосовують талі з кішками та електротельфери. Переміщення вантажів в двох напрямках здійснюється з допомогою кран-балок та мостових кранів.

Тип вантажопідйомного механізму вибирається з урахуванням розмірів будівлі та максимальної маси вантажу. Вантажопідйомність того чи іншого механізму повинна дорівнювати або бути більшою маси найважчої деталі.

При попередніх розрахунках максимальну масу деталі можна приймати в межах 50-60% від загальної маси машини.



А)



Б)



В)



Г)

Рисунок 6.1.3 – Вантажопідйомне обладнання: А) таль ручна; Б) електротельфер; В) підвісна кран-балка; Г) кран мостовий

Для монтажу, ремонту та демонтажу обладнання, арматури та трубопроводів в насосних станціях передбачаються такі вантажопідйомні механізми з ручним приводом:

- при масі вантажу до 1000 кг – кішка і таль по монорейці;
- при масі вантажу до 5000 кг – підвісна кран-балка;
- при масі вантажу більше 5000 кг – мостовий кран.

Для підйому вузлів та деталей на висоту більше 6 м, або при довжині машинного залу більше 18 м, або при масі вантажів більше 5000 кг рекомендується застосовувати електричні кран-балки або електричні мостові крани [31]. Електричне вантажопідйомне обладнання приймають і в тих випадках, коли воно застосовується в технологічних операціях щоденно.

На насосних станціях відкритого та напіввідкритого типу (без верхньої будівлі) встановлюють козлові та порталні крани, які пересуваються над підземною частиною будівлі станції.

На крупних насосних станціях, розташованих в будівлях круглого перерізу в плані, застосовуються кругові мостові крани.

6.1.4 Система технічного водопостачання насосної станції призначена для подачі технічно чистої води до пристроїв водяного змащування підшипників та сальникових ущільнювачів, а також до теплообмінників допоміжного обладнання (компресорів, крупних електродвигунів, мастилонапірних установок, тощо). Технічна вода повинна бути хімічно чистою і не руйнувати трубопроводи та насоси. Джерелами живлення системи технічного водопостачання, як правило, є наступні:

- в водопровідних насосних станціях I підйому – їх напірні водоводи, якщо вода не задовольняє вище названим умовам, її очищують на фільтрах, або використовують воду з господарсько-питного водопроводу;
- у водопровідних насосних станціях II підйому – їх напірні водоводи;
- у каналізаційних насосних станціях – господарсько-питний водопровід з баком розриву струменя.

Витрату в системі технічного водопостачання орієнтовно можна приймати 0,5 – 1 л/с на кожний робочий насосний агрегат. Напір в технічному водопроводі повинен бути на 2 – 10 м вище напору основних насосів. Якщо в напірному водоводі насосної станції тиск недостатній, для його підвищення застосовують самовсмоктувальні вихрові насоси типів ВК і ВКС або відцентрові консольні насоси типу К [5]. При кількості основних насосів до чотирьох приймають один робочий агрегат і один резервний. При більшій кількості основних насосів – два робочих та один резервний [7, п.11.3].

Дренажні насосні установки призначені для відкачування із підземної частини насосної станції ґрунтових вод, які фільтруються через стіни будівлі, а також витоків через сальники та води, яка виливається під час ремонту обладнання. Для збору дренажних вод в машинному залі, як правило, під монтажним майданчиком влаштовується дренажний колодязь. Його об'єм приймають таким, що дорівнює 10 – 15 хвилинній подачі дренажного насоса. Вода до колодязя підводиться дренажними лотками, розташованими уздовж стін. Підлога влаштовується з ухилом 0,002 – 0,005 в бік лотків. Подачу дренажних насосів визначити розрахунком важко. Тому в попередніх розрахунках її приймають:

- для насосних станцій малої потужності – 1 л/с;
- для насосних станцій середньої потужності – $3,5 \div 5$ л/с;
- для насосних станцій великої потужності – $8 \div 10$ л/с.

Напір дренажних насосів визначається глибиною насосної станції. Втрати напору приймаються 2 – 4 м. При визначенні напору слід враховувати, що в насосних станціях I підйому з відкритого джерела дренажна вода відкачується у водойму, в насосних станціях водовідведення – в приймальний резервуар, а в насосних станціях II підйому – в зовнішню систему водовідведення.

В якості дренажних зручно використовувати насоси ВКС або занурені відцентрові моноблочні каналізаційні насоси ЦМК [5]. Кількість дренажних насосів – не менше двох (один – робочий, один – резервний). Насоси ВКС встановлюють на фундаментах, а ЦМК – опускають в дренажний приямок.

Пуск та зупинка насосів здійснюється автоматично від поплавкових реле рівня в дренажному колодязі.

Насосні станції з розміром машинного зала 6х9 м і більше повинні бути обладнані внутрішніми протипожежними установками з подачею не менше 2,5 л/с [7, п. 11.18].

6.1.5 Для видалення води із всмоктувальних трубопроводів та приймальних камер робочих насосів, а також з машинного зала у випадку його затоплення при аварії, в насосних станціях влаштовуються системи осушення. Подача насосів системи осушення визначається за формулою:

$$Q_{oc} = W / t, \quad (6.2.1)$$

де W – об'єм води, що знаходиться в трубопроводі та приймальній камері м³;
 t – розрахунковий термін відкачування води, який зазвичай приймається 5 ÷ 8 годин.

Як правило, на насосних станціях в системах осушення встановлюють два насоси, причому обидва робочих. Резервні насоси не потрібні, оскільки осушувальні насоси працюють періодично. В якості осушувальних застосовують горизонтальні відцентрові або артезіанські насоси. Для спрощення експлуатації осушувальні насоси встановлюють поруч з дренажними. На крупних насосних станціях осушувальні насоси виконують і функції дренажних. В цьому випадку збірний колодязь є і дренажним.

У водоприймальних камерах насосних станцій I підйому накопичується осад. Для його видалення застосовуються відцентрові фекальні насоси типу СД або водоструминні насоси [5]. Дно камери повинно мати ухил 0,05 – 0,1 до прямоку, в якому знаходяться всмоктувальні труби.

6.1.6 Для забезпечення нормальної роботи насосних станцій необхідно контролювати такі технологічні параметри: витрату рідини, тиск на напірних колекторах (або водоводах) та на кожному насосі, рівні води в приймальних резервуарах, вакуум у всмоктувальних лініях, для крупних насосів – температуру підшипників. З цією метою застосовуються прилади технологічного контролю, а саме: витратоміри, манометри, рівнеміри, вакуумметри і таке інше. Крім цих приладів, на насосних станціях використовують електровимірювальні прилади: амперметри, ватметри, фазометри, лічильники електроенергії.

Основними показниками роботи насосної станції є подача та тиск, тому і основними вимірювальними приладами є витратоміри та манометри.

Для вимірювання створюваного насосами тиску застосовуються пружинні манометри. Їх встановлюють на напірних патрубках насосів, а також на напірних трубопроводах, що відходять від станції. На крупних насосних станціях застосовують манометри – самописці, які безперервно реєструють тиск на кругових або стрічкових діаграмах. На автоматизованих станціях застосовують електроконтактні манометри, які вмикають мережі управління або сигналізації при досягненні встановлених меж тиску (максимального або мінімального).

При виборі манометрів слід мати на увазі, що верхня межа шкали приладу завжди повинна бути більшою тиску, створюваного насосом. Наприклад, якщо насосна станція створює тиск 0,75 мПа, манометри необхідно встановлювати з верхньою межею 1 мПа.

Розрідження у всмоктувальних трубопроводах вимірюють з допомогою вакуумметрів, встановлених на всмоктувальних патрубках насосів. Якщо у всмоктувальних патрубках може виникнути надлишковий тиск, наприклад, коли насоси деякий час працюють під заливом, то на цих патрубках встановлюють мановакуумметри, які можуть вимірювати і вакуум, і тиск. В цих випадках можна також застосовувати також манометри абсолютного тиску.

На каналізаційних насосних станціях манометри приєднують до насосів через спеціальну роздільну камеру, яка виключає попадання в прилад стічної води.

Для вимірювання витрати рідини, що подається насосами, використовують витратоміри, а для вимірювання кількості рідини, поданої за певний період часу – водолічильники.

Водолічильники конструктивно бувають крильчастими та турбінними. На насосних станціях, як правило, застосовують турбінні водолічильники. Їх використовують для обліку кількості поданої води на водопровідних насосних станціях з подачею до 3400 м³/доб або при рівномірній подачі до 140 м³/год. Для установки турбінного водолічильника потрібна пряма ділянка трубопроводу, яка дорівнює 5÷8 діаметрам труби перед ним та 2÷3 діаметрам після нього.

Витрату та кількість води в трубопроводах великих діаметрів вимірюють витратомірами перемінного перепаду тиску. При цьому в якості звужуючих пристроїв застосовують діафрагми, сопла Вентурі та труби Вентурі [30].

Діафрагми створюють великі втрати напору (30÷60% перепаду), тому їх встановлюють на трубах невеликого діаметра або в тих випадках, коли додаткові втрати напору не мають суттєвого значення в загальному енергетичному балансі.

Сопла Вентурі не створюють великих втрат напору і, крім того, вони надійніші за діафрагми, оскільки в них не затримуються забруднення. Але вони набагато дорожчі.

Труби Вентурі мають мінімальні втрати напору (10÷12% перепаду). Але вони мають значні розміри, тому їх встановлюють за межами будівель насосних станцій і використовують для вимірювання великих витрат води або витрат дуже забруднених рідин (наприклад, стічних вод).

Точність вимірювання витрат з допомогою звужуючих пристроїв залежить від наявності прямих ділянок на трубопроводі довжиною, яка дорівнює 10-30 діаметрам труби перед ними та 3-5 діаметрам після них. Тому ці пристрої встановлюють в спеціальних камерах за межами будівель насосних станцій.

Для вимірювання перепаду тисків застосовуються дифманометри – витратоміри, які приєднуються до звужуючих пристроїв імпульсними трубками діаметром 12-20 мм.

? Питання для самоконтролю

1. Які види обладнання застосовуються на насосних станціях?
2. Які рекомендації дотримуються під час вибору насосного обладнання?
3. В яких випадках встановлюються приймальні клапани?
4. Яке обладнання застосовується для переміщення вантажів в приміщенні машинного залу станції?
5. Яким чином видаляється волога з підлоги машинного залу?
6. Яке обладнання застосовується для виміру величин робочих параметрів?

Тема 6.2. Вибір основного обладнання насосних станцій

Мета заняття: усвідомити принципи вибору насосного обладнання, ознайомитись з особливостями заливки насосів, засвоїти теоретичні знання з принципів вибору електродвигунів насосів, усвідомити принципи визначення розмірів машинних залів насосних станцій.

План

- 5.2.1 Вибір типу та кількості насосів. Резервування насосного обладнання.
- 5.2.2 Системи заливки насосів.
- 6.2.3 Підбір електродвигунів.
- 6.2.4 Схеми розташування насосних агрегатів в машинних залах.
- 6.2.5 Принцип визначення габаритних розмірів машинних залів насосних станцій.

 **Ключові терміни:** резервне насосне обладнання; заливка насосів; схеми розташування агрегатів; монтажний майданчик.

6.2.1 Основні робочі агрегати насосних станцій вибирають за розрахунковими значеннями подачі та напору з урахуванням сумісної роботи насосів і водоводів, користуючись наступними міркуваннями:

1. Кількість робочих насосних агрегатів повинна бути мінімальною (але не менше двох в одній групі), оскільки паралельна робота кількох насосів економічно не вигідна з таких причин: сумарна подача паралельно працюючих насосів завжди менше суми їх подач при роздільній роботі; коефіцієнт корисної дії більш потужного агрегату завжди вищий порівняно з менш потужним.

2. Насоси при тривалій подачі повинні працювати в області найвищих ККД. Коротчасні витрати можуть подаватись з нижчими ККД.

3. Бажано встановлювати на насосних станціях насоси одного типорозміру, що спрощує їх експлуатацію. Але якщо більш економічна робота станції забезпечується різними насосами, то слід приймати саме такий варіант.

4. Насоси повинні мати найбільший з можливих коефіцієнтів швидкості, оскільки при цьому їх габарити зменшуються, а відповідно зменшуються і розміри насосної станції.

5. Ступінчасту подачу насосних станцій другого підйому бажано забезпечувати за рахунок паралельного вмикання або вимикання однотипних насосів.

Тип рекомендованого насосного обладнання залежить від особливостей станції та її продуктивності. На заглиблених насосних станціях першого підйому застосовують вертикальні відцентрові або осьові насоси, які потребують порівняно меншу площу будівлі. Крім того, їх двигуни можуть бути встановлені над корпусами насосів, що полегшує експлуатацію. Але такі насоси виготовляються на великі подачі, тому для станцій малої та середньої продуктивності рекомендується застосовувати горизонтальні відцентрові насоси типу Д або К.

6.2.2 Вимоги до резервного обладнання та безперебійності роботи станції в цілому залежать від її призначення. Найвищі вимоги пред'являються до насосних станцій першого підйому прямоточних систем водопроводів, що обслуговують виробництва, які не допускають перерви в подачі води, а також господарсько-питні водопроводи великих міст. Менш жорсткі вимоги пред'являються до безперебійності роботи насосних станцій першого підйому, які подають воду в циркуляційні (оборотні) системи, оскільки короткочасна перерва в подачі води не викликає істотних порушень в експлуатації цих систем.

Кількість резервних агрегатів насосних станцій приймається в залежності від категорії надійності станції та кількості робочих агрегатів згідно з наведеною нижче таблицею 6.2.1 [7, табл. 33].

Таблиця 6.2.1 – Вибір резервних насосних агрегатів

Кількість робочих агрегатів	Кількість резервних агрегатів на станціях категорії		
	I	II	III
1 – 6	2	1	1
7 – 9	2	1	–
10 і більше	2	2	–

Згідно [7] до першої категорії надійності відносяться насосні станції протипожежних, а також об'єднаних господарсько-протипожежних або виробничо-протипожежних водопроводів.

До другої категорії надійності відносяться насосні станції систем водопостачання, які мають в своєму складі резервуари з протипожежним запасом води та забезпеченим розрахунковим напором, а також населених пунктів з числом мешканців більше 3000 осіб при витраті води на зовнішнє пожежогасіння 20 л/с.

До третьої категорії надійності відносять насосні станції господарсько-протипожежних водопроводів населених пунктів з числом мешканців до 3000 осіб при витраті води на зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с, а також насосні станції, які подають воду на зрошення, поливочні потреби та в допоміжні цехи промислових підприємств.

Слід зауважити, що насосні станції першого підйому можна віднести до II категорії, але кількість резервних агрегатів в них необхідно приймати не менше двох, інакше при капітальному ремонті одного з агрегатів станція залишиться без резерву.

Один резервний насос може бути прийнятий для насосної станції першого підйому, яка подає воду в резервуари охолоджувальних пристроїв при оборотній системі водопостачання. В той же час на насосних станціях, що обслуговують металургійні, хімічні, нафтопереробні та деякі інші підприємства, де перерва в подачі води неприпустима, число резервних агрегатів може бути збільшено, ніж вказано у таблиці 6.2.1.

Необхідно зауважити, що в число робочих входять і пожежні насоси. Якщо на станції встановлено кілька груп насосів, кожна з них резервується окремо. Якщо в одній групі встановлені різні насоси, то резервні насоси приймаються з характеристикою, що відповідає найбільшому насосу, а резервний насос меншої подачі повинен зберігатися на складі.

6.2.3 Вихідними даними для визначення потрібної потужності електродвигуна є секундна подача насоса Q (м³/с) та створюваний ним напір H (м), які приймають по режимній точці роботи системи „насоси – водоводи” [21]. Але розрахункові параметри робочої точки часто не співпадають з параметрами характеристики Q - H насоса. В цих випадках потрібно визначати потужність насосу та приводного двигуна розрахунком. Потужність на валу насосу визначається за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \zeta_i} \quad (6.2.1)$$

де ζ_i – повний ККД насосу;

Q , H – відповідно подача (м³/с) та напір (м) насосу в розрахункові точці.

Потужність приводного двигуна приймають більшою споживаної потужності на випадок неврахованих перевантажень. Формула для визначення потрібної потужності двигуна має вигляд:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \zeta_i \cdot \zeta_{\text{пер}}} \cdot K \quad (6.2.2)$$

де K – коефіцієнт запасу потужності;

$\zeta_{\text{пер}}$ – ККД передачі. Якщо вал двигуна з валом насосу з'єднані безпосередньо (через муфту), то $\zeta_{\text{пер}}=1$.

Коефіцієнт запасу потужності приймається в залежності від потужності насоса за таблицею 6.2.2.

Таблиця 6.2.2 – Вибір резервних насосних агрегатів

Потужність насоса, кВт	<20	20÷50	50÷300	>300
Коефіцієнт запасу	1,25	1,2	1,15	1,1

При виборі електродвигуна необхідно знати потужність, частоту обертання, напругу в живильній мережі, тип та виконання двигуна. Кожен двигун незалежно від його типу характеризується номінальними параметрами. Номінальний режим роботи електродвигуна відповідає максимальному ККД і задовольняє встановленим нормам відносно нагрівання, коефіцієнта потужності, електричної міцності і таке інше, тому необхідно підбирати двигун з потужністю, максимально наближеною до номінальної.

6.2.4 Головний принцип розташування агрегатів – забезпечити безпеку обслуговування, монтаж і демонтаж устаткування. Цього досягають за допомогою таких заходів [31]:

- прохід між агрегатами має бути не менше 1–1,5 м;
- відстань від фундаменту агрегату до стіни будинку – 0,8–1,25 м;
- висота фундаменту над рівнем підлоги – не менше 150–200 мм.

Позначка верху фундаменту (рами), м:

$$Z_{вф} = Z_{пн} - P, \quad (6.2.3)$$

де $Z_{пн}$ – позначка вісі насоса, м;

P – висота насоса від вісі до лабетів, м; приймають за паспортними даними насоса [5].

Ширина і довжина фундаменту дорівнює ширині і довжині фундаментної плити насоса (дані в паспорті) плюс 50–150 мм. Розташування насосних агрегатів і трубопроводів у будівлі насосної станції має забезпечувати надійність дії основного і допоміжного устаткування, а також зручність, простоту та безпеку його обслуговування. Устаткування звичайно компонується, виходячи з мінімальної довжини внутрішньостанційних комунікацій і з урахуванням можливості розширення станції в майбутньому.

Схема розташування агрегатів у будівлі насосної станції цілком і повністю визначається типом, розмірами та числом основних насосів, а також формою машинного зала в плані. У машинному залі прямокутної форми найчастіше використовуються схеми розташування відцентрових насосів з горизонтальним валом, які наведені на рис. 6.2.1.

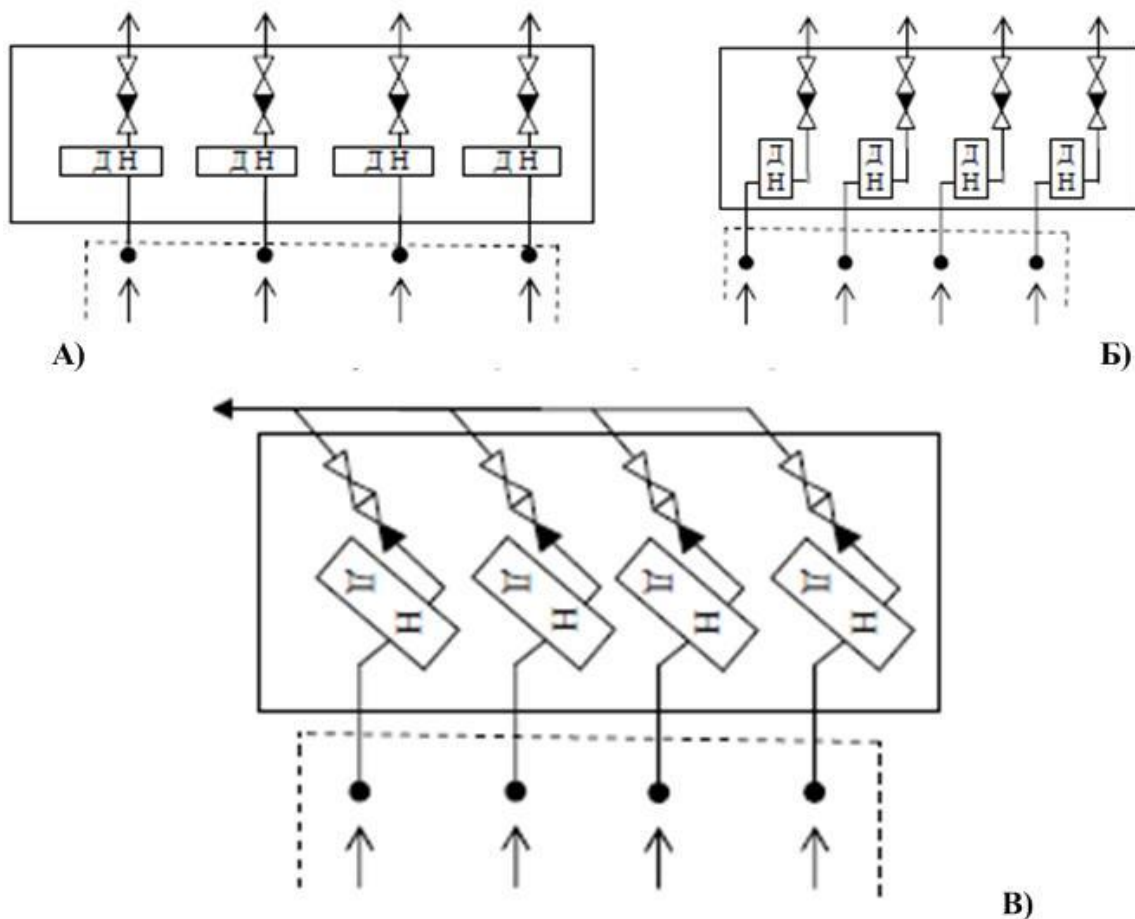
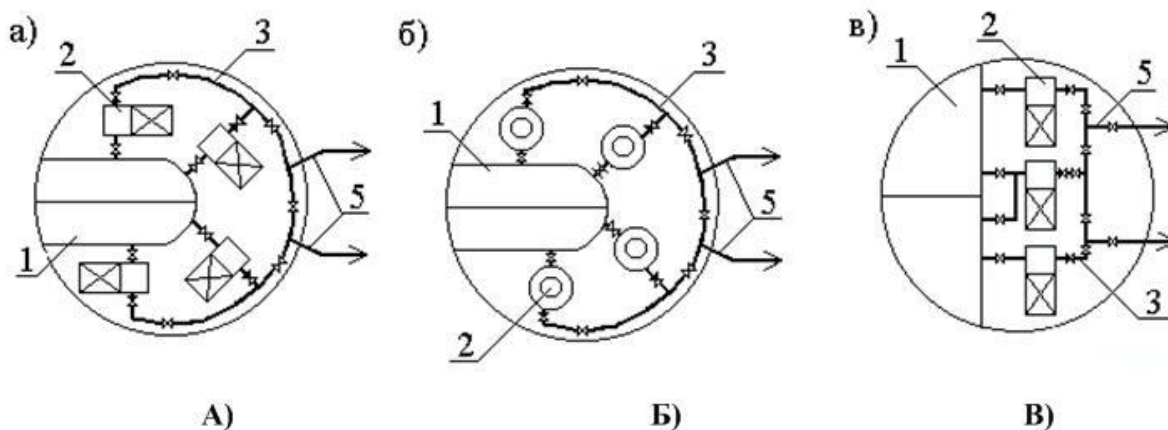


Рисунок 6.2.1 – Схеми розташування агрегатів з горизонтальними відцентровими насосами: А) однорядне розташування агрегатів паралельно до поздовжньої осі станції; Б) однорядне розташування агрегатів перпендикулярно до поздовжньої осі станції; в) однорядне розташування агрегатів під кутом до поздовжньої осі станції

Перевагами однорядного розташування агрегатів паралельно поздовжній осі станції (рис. 6.2.1, А) є компактність розміщення устаткування і невелика ширина машинного залу. Особливо вигідна ця схема під час застосування двосторонніх насосів, в яких всмоктувальна і напірна лінії розташовуються в площині, перпендикулярній вісі насоса. Недоліком є більша довжина будівлі насосної станції, тому застосування цієї схеми доцільне у разі невеликої кількості агрегатів. До переваг другої схеми однорядного розташування агрегатів (рис. 6.2.1, Б) варто віднести компактність розміщення устаткування, як і у першій схемі, і значно меншу довжину машинного залу. Особливі переваги має ця схема під час застосування насосів консольного типу, в яких всмоктувальна лінія підходить до торця насоса. Однак ширина машинного залу насосної станції за такої схеми розташування трохи збільшується. У разі однорядного розташування насосних агрегатів під кутом до поздовжньої осі будинку станції (рис. 6.2.1, В) поєднуються переваги перших двох схем. Шляхом невеликого, у порівнянні із другою схемою, збільшення довжини будівлі можна істотно зменшити її ширину.

Для *вертикальних відцентрових насосів* характерне однорядне розташування агрегатів уздовж поздовжньої осі будинку станції. За наявності на напірних трубопроводах великої кількості арматури можна трохи зменшити ширину будинку внаслідок косого приєднання їх до збірного колектора або до зовнішніх напірних водоводів.

Круглі в плані машинні зали типові для заглиблених насосних станцій. На таких станціях, сполучених з водоприймачем, найбільш доцільним є кільцеве розташування агрегатів. Особливості компонування внутрішньостанційних комунікацій визначаються схемою підведення води до насосів [31].



1 – приймальна камера; 2 – насос; 3 – напірний трубопровід; 4 – камера переключень; 5 – напірний водовод

Рисунок 6.2.2 – Схеми розміщення насосного обладнання, трубопроводів і арматури в сполучених насосних станціях: а), в) круглі у плані з горизонтальними насосами; б) кругла у плані з вертикальними насосами

Прохід між агрегатами приймається не менше 1 м у разі встановлення електродвигунів напругою до 1000 Вт и не менше 1,2 м у разі встановлення електродвигунів більш високої напруги. У всіх випадках відстань між нерухомими виступаючими частинами устаткування повинна бути не менше 0,7 м. Відстань від довгих сторін фундаментних плит насосних агрегатів до стін повинна бути не менше 1 м. Насоси з нероз'ємним корпусом у горизонтальній площині, в яких вал з робочим колесом під час демонтажу висувається назовні за напрямком вісі насоса, варто встановлювати на відстані від стін або інших агрегатів не меншій, ніж довжина вала насоса плюс 0,25 м (але не менше 0,8 м). Така ж відстань повинна бути залишена й для зручності демонтажу електродвигунів з горизонтальним валом. Прохід між агрегатами і електророзподільним щитом повинен бути не менше 2 м. У будівлях насосних станцій, обладнаних невеликими насосами з електродвигунами напругою до 1000 Вт і діаметром напірного патрубку до 100 мм включно, допускається встановлення агрегатів безпосередньо в стіні, а також встановлення двох агрегатів на одному фундаменті без прохода між ними, але із проходом навколо них шириною не менше 0,7 м.

6.2.5 Розміри будівлі насосної станції в плані визначаються після вибору схеми розташування насосних агрегатів і компоновання внутрішньостанційних трубопроводів з урахуванням відстаней, що рекомендуються, між стінами будівель і елементами устаткування. Так, ширина машинного залу є сумою довжин ділянок трубопроводів, фасонних частин і арматури на всмоктувальній та напірній лініях насоса, а також поперечного розміру самого насоса. Довжина прямокутного машинного залу визначається проходами між торцевими стінами і агрегатами, поздовжнім розміром самих агрегатів і відстанями між ними. Під час визначення розмірів машинного залу насосної станції, обладнаної вертикальними насосами, не варто забувати, що над насосним приміщенням перебуває зал електродвигунів, розміри якого визначаються габаритами двигунів і відстанню між ними, розташуванням люків у підлозі зала, розміщенням електроустаткування та габаритами крана. Із огляду на це, лінійні розміри підземної частини необхідно погоджувати з лінійними розмірами верхнього приміщення. У будівлях насосних станцій, обладнаних великими насосними агрегатами, необхідно передбачити місце для монтажного майданчика, на якому ремонтують насоси і електродвигуни. Монтажний майданчик звичайно влаштовують у торці будинку на рівні поверхні землі. Розміри майданчика у плані визначаються габаритними розмірами насосів, електродвигунів і транспортних засобів, а також відстанню максимального наближення гака вантажопідйомного механізму до бічних і торцевих стін будинку. Навколо устаткування і транспортних засобів, що перебувають на монтажному майданчику, повинен бути залишений прохід шириною не менше 0,7 м.

? Питання для самоконтролю

1. Як визначити кількість резервних насосних агрегатів?
2. Яким чином компонують горизонтальні насоси в машинному залі?
3. За яким принципом розташовують вертикальні насоси?
4. Як визначити розміри будівлі насосної станції в плані?
5. За яким принципом вибирають електродвигуни?

Розділ 7. Проектування машинного залу насосної станції

Тема 7.1 Внутрішнє облаштування водопровідних насосних станцій

Мета заняття: усвідомити принципи розрахунку позначок насосів, фундаментів та підлоги, ознайомитися з особливостями визначення розмірів машинного залу по висоті, засвоїти теоретичні знання з принципів розрахунку та конструювання всмоктувальних і напірних трубопроводів, ознайомитися з особливостями складання схем перемикань на внутрішніх трубопроводах насосних станцій.

План

- 7.1.1.Визначення розрахункових позначок насосів, фундаментів та підлоги.
- 7.1.2.Визначення розмірів машинного залу по висоті.
- 7.1.3.Розрахунок та конструювання всмоктувальних трубопроводів.
- 7.1.4.Розрахунок та конструювання напірних трубопроводів.
- 7.1.5.Схеми перемикань на внутрішніх трубопроводах насосних станцій.
- 7.1.6.Характерні схеми влаштування трубопроводів станцій I та II підйому.

 **Ключові терміни:** допустима вакууметрична висота всмоктування; визначення позначки вісі насоса; висота підземної частини насосної станції; схеми перемикань; пожежні насоси; система пожежогашіння.

7.1.1 Позначка осі насосу та пов'язана з нею позначка верха фундаменту насосного агрегату визначаються в залежності від прийнятої схеми установки насосу. Насоси, розташовані під заливом, повинні встановлюватись так, щоб верх корпусу знаходився на $0,3 \div 0,5$ м нижче мінімального розрахункового рівня води в приймальному резервуарі (рисунок 7.1.1). Таке розташування насосу забезпечує простоту та надійність його запуску. Слід зауважити, що при горизонтальній конструкції всмоктувальної труби необхідно перевірити, щоб її верх був заглиблений під мінімальний рівень в резервуарі не менше, ніж на $1,2D_{\text{вх}}$. Діаметр вхідного отвору ($D_{\text{вх}}$) приймають в $1,25 \div 1,5$ рази більше діаметра всмоктувальної труби $d_{\text{в}}$. При розташуванні насосів з позитивною висотою всмоктування граничне перевищення позначки осі насосу над мінімальним рівнем води в резервуарі визначається за формулою:

$$H_{\text{рів}}^{\text{доп}} = H_{\text{бак}}^{\text{доп}} - h_{\text{вс}} \quad (7.1.1)$$

де $H_{\text{бак}}^{\text{доп}}$ – допустима вакууметрична висота всмоктування насосу при заданій подачі (приймається з паспортних характеристик насосу з урахуванням поправок на атмосферний тиск та температуру води), м;
 $h_{\text{вс}}$ – втрати напору у всмоктувальній лінії, м.

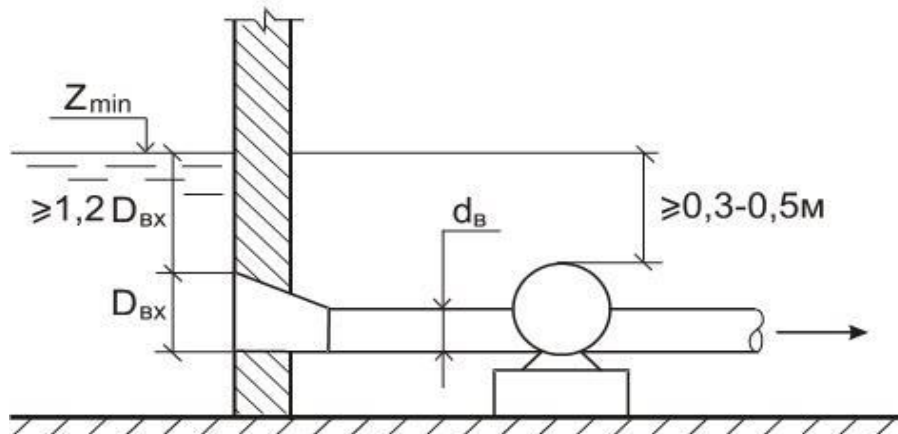


Рисунок 7.1.1 – Визначення позначки вісі насоса, розташованого під заливом

В паспортних характеристиках насосів величина $H_{\text{бак}}^{\text{доп}}$ наводиться для нормального атмосферного тиску (1 атм) при температурі води 20°C, тому її необхідно уточнювати за раніше розглянутою методикою.

Після визначення позначки вісі насосу визначають позначку верха фундаменту насосного агрегату та підлоги машинного залу з урахуванням розташування трубопроводів та арматури, тобто забезпечення необхідної відстані від підлоги до низу труби $h_{\text{нт}}$ (рисунок 7.1.2).

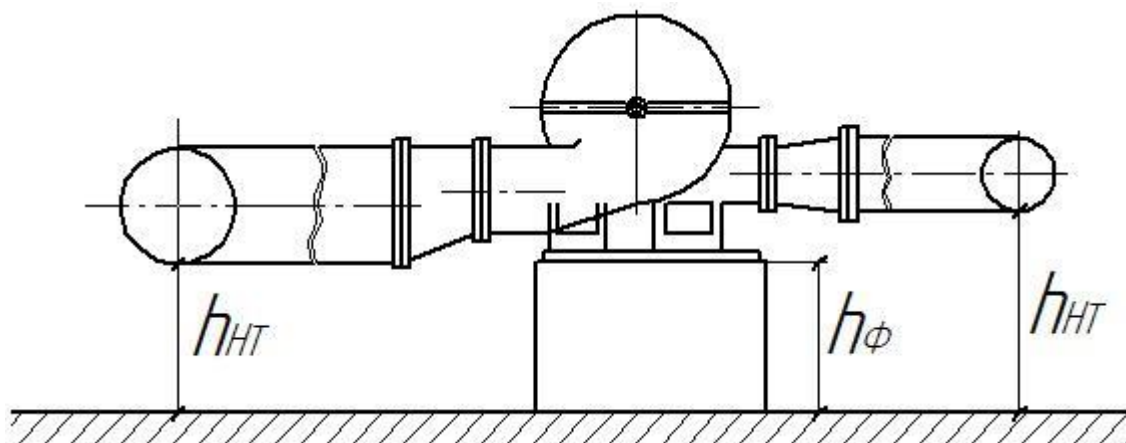


Рисунок 7.1.2 – Схема розташування насосу до визначення позначки фундаменту

В наземних насосних станціях висота фундаменту над підлогою може прийматися не менше 150–200 мм. В заглиблених та напівзаглиблених насосних станціях для захисту від можливого затоплення при аварії висоту фундаменту приймають не менше 0,5 м. Глибина закладання фундаменту насосного агрегату в наземних та напівзаглиблених станціях повинна бути не менше 500–600 мм. В заглиблених насосних станціях камерного або блочного типу фундамент насосу спирається на монолітну конструкцію або залізобетонну плиту, що є основою будівлі.

7.1.2 В загальному випадку висота машинного залу насосної станції дорівнює сумі висот підземної частини та верхньої будівлі. Висота підземної частини насосної станції заглибленого типу залежить головним чином від розташування робочого колеса насоса відносно мінімального рівня води в джерелі або резервуарі, яке визначається, в свою чергу, допустимою геометричною висотою всмоктування, або потрібним підпором. В загальному випадку вона розраховується за формулою:

$$h_{\text{підз}} = h_{\text{ф}} + h_{\text{ф-в}} + H_{\text{бак}}^{\text{доп}} + \Delta h - h_{\text{підл}} \quad (7.1.2)$$

де $h_{\text{ф}}$ – висота фундаменту над підлогою, м;

$h_{\text{ф-в}}$ – висота насоса від верха фундаменту до осі робочого колеса, м;

$H_{\text{бак}}^{\text{доп}}$ – допустима геометрична висота, м;

Δh – максимальна амплітуда коливань рівнів води в джерелі або резервуарі, м;

$h_{\text{підл}}$ – необхідне перевищення позначки підлоги верхньої будівлі над максимальним рівнем води в джерелі або резервуарі, м.

Приміщення, обладнане підвісною кран-балкою, повинне мати висоту, яка визначається за схемою (рисунок 7.1.3):

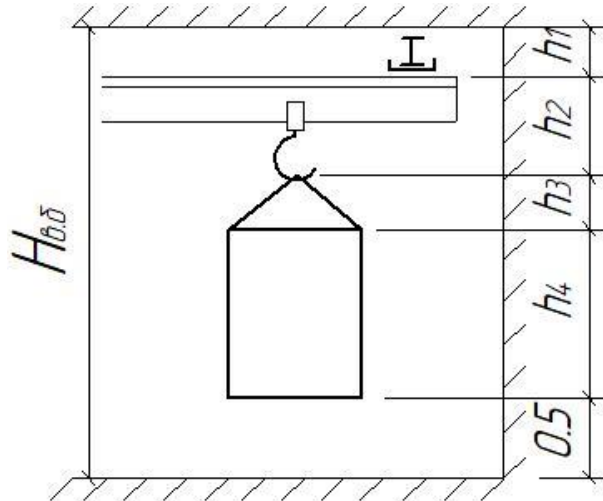


Рисунок 7.1.3 – Визначення висоти машинного залу

Висота верхньої будівлі, не обладнаної вантажопідйомними механізмами, для незаглиблених насосних станції повинна бути не менше 3 м. В насосних станціях, обладнаних вантажопідйомними механізмами, висоту верхньої будівлі визначають розрахунком:

$$H_{\text{п}} > h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + 0.5 \quad (7.1.3)$$

де h_1 – висота монорейки кран-балки з врахуванням конструкції кріплення до плит перекриття, м;

h_2 – мінімальна висота від гака до низу монорейки, м;

h_3 – висота строповки вантажу (приймається 0,5 – 1 м);

h_4 – висота вантажу, м;

0,5 – мінімальна висота від вантажу до підлоги або до встановленого обладнання, м;

Якщо при транспортуванні вантажу на монтажний майданчик його потрібно проносити над встановленим обладнанням, то в останню формулу додатково вводять висоту цього обладнання $h_{\text{об}}$.

Верхня будівля насосної станції, обладнаної мостовим краном, повинна мати висоту, яка визначається за схемою (рисунок 7.1.4):

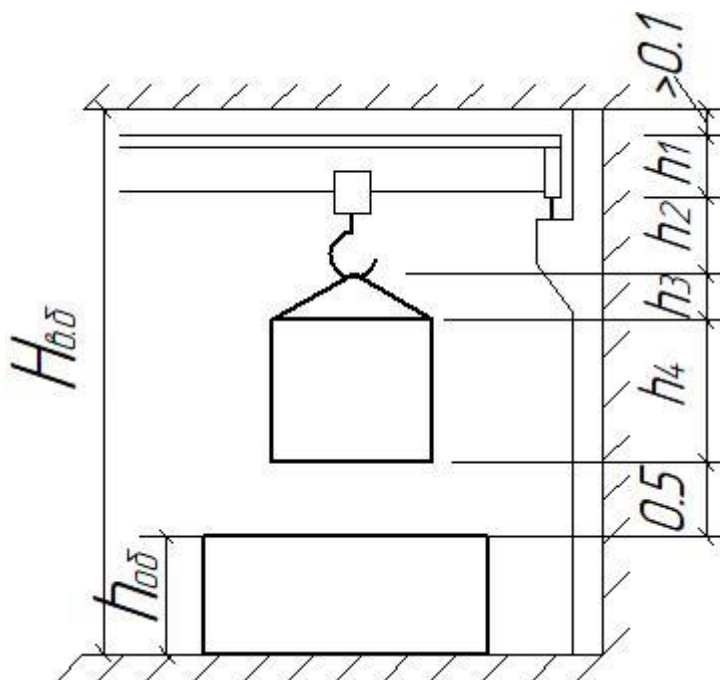


Рисунок 7.1.4 – Визначення висоти машинного залу, якщо верхня будівля насосної станції обладнана мостовим краном

$$H_{\text{п}} > h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,1 + h_{\text{об}} + 0,5 \quad (7.1.5)$$

h_1 – висота крана над головою підкранової рейки, м;

h_2 – мінімальна висота від гака крану до головки підкранової рейки, м;

0,1 – мінімальна відстань від низу перекриття до верха балки, м;

$h_{\text{об}}$ – висота обладнання, м.

Якщо вантаж (насос, двигун, тощо) підвозиться безпосередньо на монтажний майданчик, то для забезпечення можливості його розвантаження висота верхньої будівлі, визначена за наведеними вище формулами, повинна бути збільшена на висоту від підлоги до вантажної платформи.

7.1.3 Всмоктувальні трубопроводи є найвідповідальнішим елементом насосних установок. Для забезпечення нормальної роботи насосної станції найбільш сприятливою умовою є обладнання кожного насосу індивідуальною всмоктувальною трубою. Однак, це можливо тільки при використанні осьових, вертикальних та невеликої кількості горизонтальних насосів (до чотирьох) [5]. При більшій кількості горизонтальних відцентрових насосів ускладнюється схема трубопровідних комунікацій. В таких випадках приймають кількість всмоктувальних труб менше кількості насосів з влаштуванням спільного колектора, до якого приєднується кожен насос. Кількість всмоктувальних ліній на насосних станціях першої та другої категорій надійності приймається не менше двох. При цьому кожна з них розраховується на пропуск повної розрахункової подачі для станції першої та другої категорій та 70% - для станцій третьої категорії [7].

При конструюванні всмоктувальних трубопроводів необхідно враховувати такі вимоги:

- всмоктувальна лінія повинна бути повністю герметичною;

- конструкція всмоктувальної лінії повинна виключати можливість накопичення в ній повітря (утворення так званих „повітряних мішків”).

Для цього труба повинна мати ухил до насосу не менше 0,005. Якщо вона складається з ділянок різних діаметрів, між ними встановлюють ексцентричні переходи (рисунок 7.1.5).

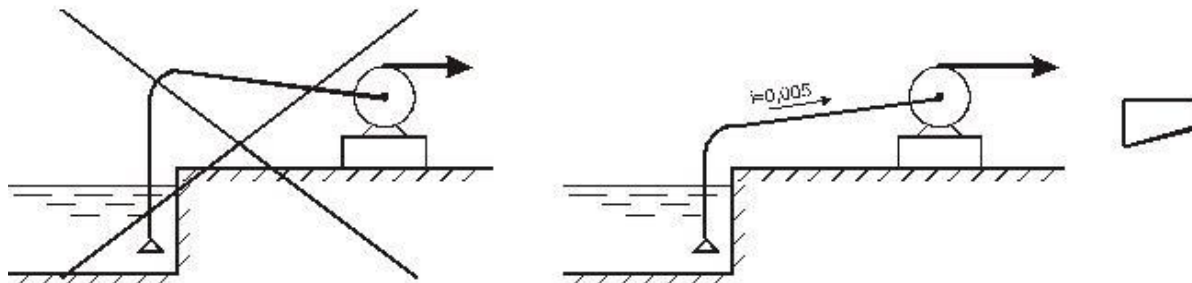


Рисунок 7.1.5 – Схема конструювання всмоктувальних трубопроводів

Для зменшення втрат напору всмоктувальні трубопроводи повинні бути по можливості меншої довжини і мати мінімальну кількість арматури та фасонних частин. Всмоктувальні трубопроводи як в машинному залі, так і за межами станції виготовляються із сталевих труб на зварці з використанням фланців для приєднання до арматури та насосів.

Діаметри всмоктувальних трубопроводів визначаються на підставі економічних швидкостей, які приймаються:

- при діаметрах до 250 мм $V = 0,1 \div 1,0$ м/с;
- при діаметрах 300÷800 мм $V = 1,0 \div 1,5$ м/с;
- при діаметрах більше 800 мм $V = 1,5 \div 2,0$ м/с.

Всмоктувальні трубопроводи та колектори укладають, як правило, по підлозі на бетонних підставках. Арматуру на всмоктувальних лініях встановлюють тільки, якщо насоси влаштовують під заливом, або приєднані до спільного колектора. Приймальні кінці всмоктувальних труб в камерах водоприймальних споруд, або резервуарах повинні розташовуватись таким чином, щоб забезпечувався вільний та рівномірний підвід води. Схеми їх влаштування такі показані на рис. 7.1.6.

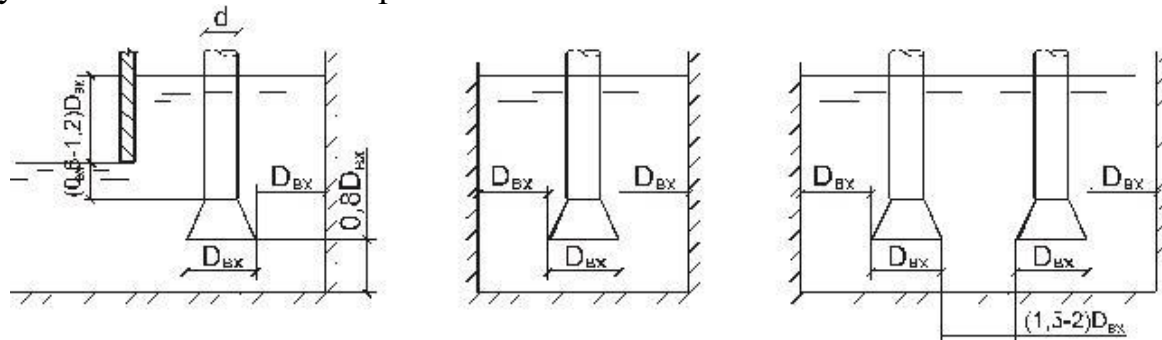


Рисунок 7.1.6 – Схеми розташування приймальних кінців всмоктувальних труб

Для зменшення опору при вході потоку до всмоктувального трубопроводу до його кінця приварюють приймальні конуси, діаметр вхідного отвору яких приймається $D_{вх}=(1,25\div 1,5)d_v$, де d_v – діаметр всмоктувальної труби, а центральний кут – $8\div 16^\circ$. Низ конуса повинен бути занурений під мінімальний рівень води на глибину не менше $0,6\div 1,2$ м. Якщо цю умову виконати неможливо, на кінці приймального конуса встановлюють екран (рисунок 7.1.7).

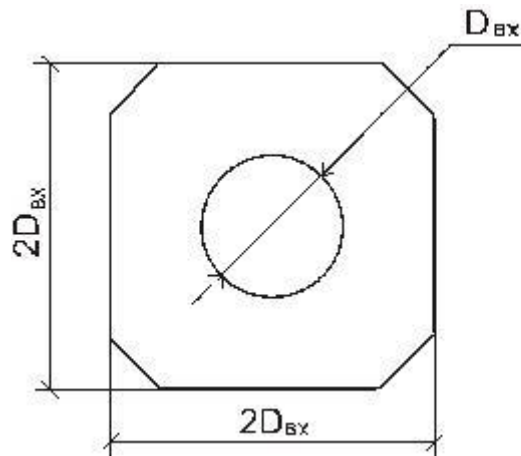


Рисунок 7.1.7 – Екран для приймального конуса

7.1.4 Напірні трубопроводи насосної станції призначені для подачі перекачуваної рідини від насосів до водоводів. Як правило, кількість водоводів менша кількості насосів, тому напірні трубопроводи об'єднують в загальний колектор. Всі напірні трубопроводи і колектори всередині станції виконуються зі сталевих труб на зварці з використанням фланців для приєднання до насосів та арматури. Діаметри внутрішніх напірних трубопроводів визначають, виходячи з розрахункової витрати та економічних швидкостей, які дорівнюють [7]:

- при діаметрах до 250 мм $V = 1,0 \div 1,5$ м/с
- при діаметрах 300÷800 мм $V = 1,2 \div 2,0$ м/с
- при діаметрах більше 800 мм $V = 1,8 \div 3,0$ м/с

На напірній стороні кожного насоса встановлюють зворотний клапан, який запобігає зворотному руху води. На напірних лініях також встановлюють необхідну кількість засувок, водоміри (індивідуально на кожен насос або сумарний на початку водовода), запобіжну арматуру проти гідравлічних ударів та контрольно-вимірювальну апаратуру.

Укладка напірних трубопроводів здійснюється по підлозі машинного залу на бетонних опорах з влаштуванням перехідних містків. Відстань від підлоги до низу труби приймається 300 мм для труб діаметром до 400 мм і 500 мм – для труб більшого діаметра.

В шахтних станціях напірний колектор доцільно підвішувати до перекриття, або закріплювати на консолях до стін. Це дозволяє зменшити габарити машинного залу. Відстань від підлоги до підвісного колектора має бути не менше 2 м. Напірні (як і всмоктувальні) труби можуть укладатись в

каналах. Габарити каналів встановлюються в залежності від діаметра труб згідно з таблицею 7.1.1.

Таблиця 7.1.1 – Визначення розмірів каналів

Діаметр труби d , мм	Глибина каналу, мм	Ширина каналу, мм	Висота підставки, мм
до 400	$d + 400$	$d + 600$	150
500 і більше	$d + 600$	$d + 800$	250

В місцях установки арматури розміри каналів відповідно збільшують.

Іноді на станціях другого підйому для розташування трубопроводів (і напірних, і всмоктувальних) великого діаметра (800 мм і більше) влаштовують спеціальні підвальні приміщення.

Для зменшення габаритів крупних насосних станцій колектори (і напірний, і всмоктувальний) іноді виносять за межі станції в спеціальні камери. В окремих камерах за межами станцій також встановлюють звужуючі пристрої витратомірів.

7.1.5 Для забезпечення надійності роботи насосних станцій на всмоктувальних і напірних трубопроводах встановлюють таку кількість запірної арматури, щоб можна було виконувати ремонт або заміну будь-якого насосу, зворотного клапана або основної засувки із зменшенням безперервної подачі води на господарсько-питні потреби до 30% для станцій першої та другої категорій та 50% – для станцій третьої категорії, а на виробничі потреби – за аварійним графіком.

При проєктуванні схем перемикачів, крім вказаних умов, слід керуватись і такими вимогами [31]:

- забезпечення подачі води будь-яким насосом в будь-який трубопровід;
- можливість швидкого оперування засувками при аварії;
- вільний доступ до всіх засувок для огляду та ремонту.

7.1.6 Схеми комунікацій трубопроводів у насосній станції, взаємне розташування насосів і можливість їхнього перемикачів визначають надійність роботи і зручність обслуговування насосної станції.

Деякі з можливих схем розміщення трубопроводів і арматури в насосних станціях наведені на схемах (рис.5.1.3, 6.2.1). Всмоктувальні трубопроводи при невеликому числі насосів і значній висоті всмоктування в більшості випадків компонування насосних станцій першого підйому доцільно прокладати окремо для кожного насоса. При великій кількості насосів (у тому числі й резервних) влаштовують колектор, що поєднує всмоктувальні патрубки насосів (рис.7.1.8). Число всмоктувальних ліній (від джерела або резервуара до колектора) приймають, зазвичай, рівним числу робочих насосів. Колектори влаштовують, як правило, і на напірних трубопроводах, тому що рідко буває більше двох водоводів одного призначення. На схемах А) та Б) на рисунку 7.1.8 показане

розташування засувок при трьох робочих і одному резервному агрегатах. У цих випадках засувки дозволяють виводити в резерв кожен з агрегатів без скорочення подачі води.

Для скорочення розмірів будівель великих насосних станцій колектори розміщують в окремих камерах, які примикають до будівлі станції. В окремих камерах (колодязях) розміщують і звужуючі пристрої витратомірів (рис. 7.1.8). Це дозволяє зберігати прямолінійність ділянок перед звужуючими пристроями.

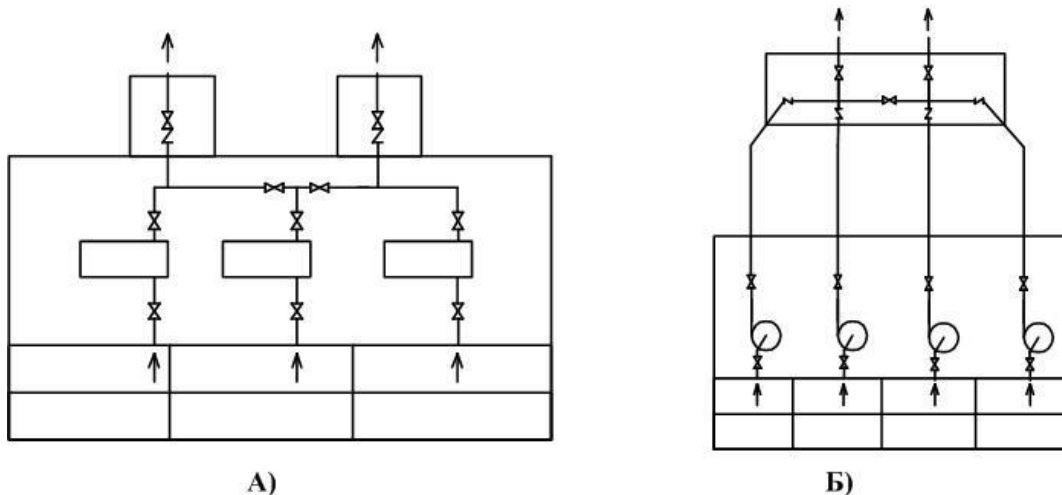


Рисунок 7.1.8 – Схеми розташування засувок при трьох робочих і одному резервному агрегатах

Напірні трубопроводи, колектори, а іноді і всмоктувальні лінії обладнуються засувками, які забезпечують можливість відключення того або іншого насоса, окремих ділянок трубопроводу, або колектора як при нормальній роботі станції, так і у випадку аварійної ситуації на станції або у водоводах. Розташування і число засувок на напірних і всмоктувальних лініях приймають, виходячи із числа робочих і резервних агрегатів.

? Питання для самоконтролю

1. Як визначити розрахункову позначку вісі насосу?
2. Як визначити позначку верха фундаменту насосного агрегату?
3. Від чого залежить висота підземної частини насосної станції заглибленого типу?
4. Як визначити висоту верхньої будівлі в насосних станціях, обладнаних вантажопідйомними механізмами?
5. Як визначити висоту верхньої будівлі насосної станції, обладнаної мостовим краном?
6. За яких умов можливо обладнати кожний насос індивідуальною всмоктувальною трубою?

Розділ 8. Насосні станції водовідведення. Повітродувні станції

Тема 8.1 Загальні відомості про каналізаційні насосні станції

Мета заняття: ознайомитись з різними типами насосних станцій водовідведення, усвідомити принципи вибору розташування каналізаційних насосних станцій, засвоїти теоретичні знання з принципів визначення режиму роботи та подачі каналізаційних насосних станцій.

План

- 8.1.1 Класифікація та схеми каналізаційних насосних станцій.
- 8.1.2 Вибір місця розташування насосних станцій водовідведення.
- 8.1.3 Визначення режиму роботи та подачі каналізаційних насосних станцій.
- 8.1.4 Аналіз режиму роботи насосних станцій водовідведення.

 **Ключові терміни:** місцеві каналізаційні насосні станції; районні каналізаційні насосні станції; приймальний резервуар; санітарна зона; регулюючі ємності; режим роботи насосів.

8.1.1 Каналізаційні насосні станції в загальній схемі системи водовідведення влаштовують в тих випадках, коли нема можливості відвести стічні води самопливом, а також тоді, коли їх самопливний відвід через великі глибини закладання колекторів виявляється економічно не вигідним.

В залежності від призначення та місця розташування в загальній схемі системи водовідведення каналізаційні насосні станції можуть бути:

- місцевими, що перекачують стічну воду від окремих об'єктів каналізування;
- районними, що перекачують стічну воду від окремих районів каналізованої території у вище розташований колектор;
- головними, що перекачують стічну воду з усієї каналізованої території на очисні споруди.

По виду перекачуваної рідини каналізаційні насосні станції ділять на чотири групи:

- для перекачки побутових стічних вод;
- для перекачки промислових стічних вод;
- для перекачки атмосферних вод;
- для перекачки осадів та мулу.

За розташуванням відносно поверхні землі каналізаційні насосні станції можуть бути:

- незаглибленими (до 4 м);
- частково заглибленими (до 7 м);
- заглибленими (шахтними) (> 8 м).

За формою будівлі в плані вони бувають:

- круглі;

– прямокутні.

За взаємним розташуванням приймального резервуара, решіток та машинного залу розрізняють наступні види каналізаційних насосних станцій: А) сумісного типу; Б) роздільного типу (рис. 8.1.1).

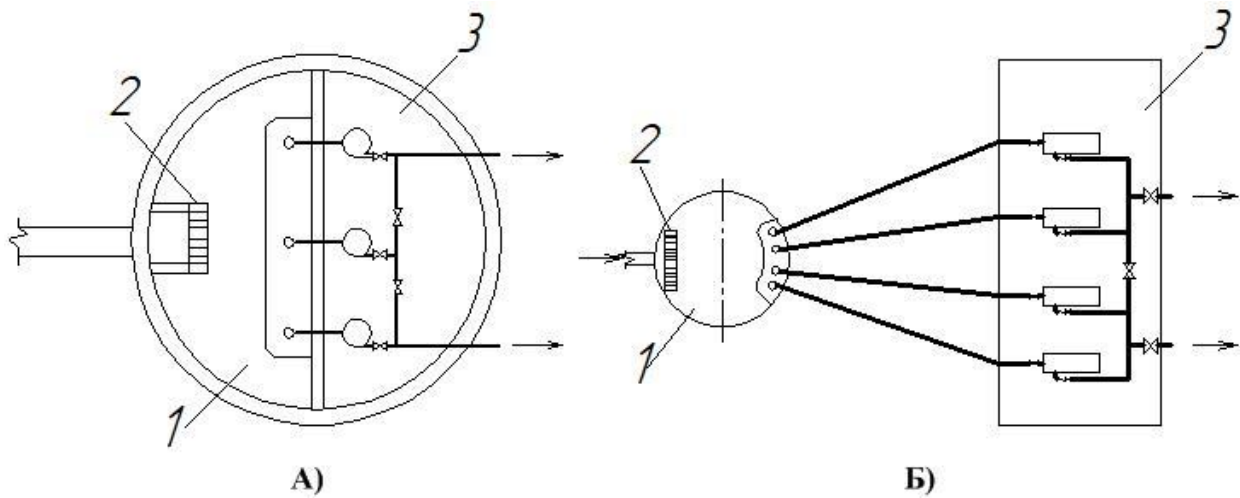


Рисунок 8.1.1 – Схеми каналізаційних насосних станцій: А) сумісного типу; Б) роздільного типу

За розташуванням осі насосів відносно рівня води в приймальному резервуарі або колекторі каналізаційні насосні станції можуть бути:

- з насосами, встановленими під заливом (рис. 8.1.2, А);
- з насосами, які встановлені з позитивною висотою всмоктування (рис. 8.1.2, Б).

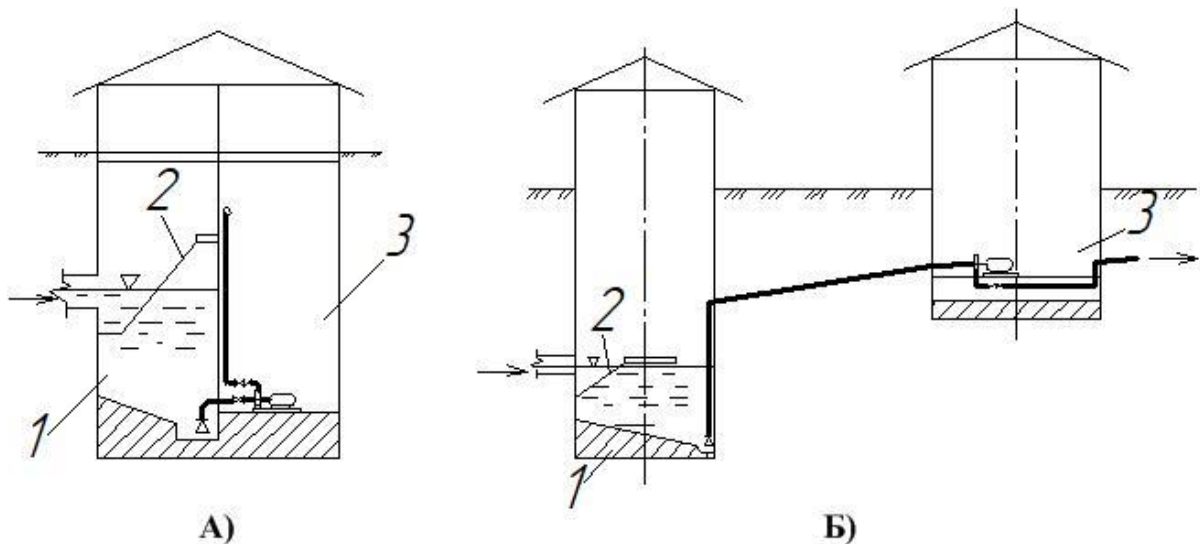


Рисунок 8.1.2 – Схеми насосних станцій водовідведення: А) з насосами, встановленими під заливом; Б) з насосами, які встановлені з позитивною висотою всмоктування

За характером управління каналізаційні насосні станції, як і водопровідні, можуть бути з ручним управлінням, автоматичними, напіваавтоматичними та з дистанційним управлінням.

Схеми влаштування каналізаційних насосних станцій для перекачки осаdів та мулу мають деякі особливості. По-перше, у них відсутні приміщення решіток, а також виробничі та побутові приміщення (крім санвузлу), оскільки вони об'єднуються в загальний комплекс для всієї очисної станції, елементом якої такі насосні станції є. По-друге, оскільки приміщення решіток відсутні, то приймальні резервуари будують підземними закритого типу, розташованими окремо або сумісними. По-третє, на всіх станціях перекачки мулу та осаду насоси повинні бути встановлені під заливом. Крім того, на таких станціях необхідно передбачати подачу чистої води або очищених стічних вод для періодичної промивки резервуара, насосів та трубопроводів.

8.1.2 Насосні станції систем водовідведення, на відміну від водопровідних, є небезпечним джерелом забруднення. Тому місце їх розташування повинне задовольняти певним вимогам [9, табл. 27]. Каналізаційні насосні станції слід розташовувати в окремих будівлях на відстані від житлових або громадських будинків не менше: 15 м при продуктивності до 200 м³/доб; 20 м – при продуктивності до 50000 м³/доб; 30 м – при продуктивності до 250000 м³/доб. При більших продуктивностях ця відстань узгоджується з санітарними органами та місцевою владою. По периметру території, зайнятої насосною станцією, необхідно передбачати захисну зелену зону шириною не менше 10 м [9, табл. 30]. Ділянку під будівництво насосної станції слід вибирати на території, яка не заливається високими водами, із спокійним рельєфом та сприятливими ґрунтовими умовами. В будівлях насосних станцій, розташованих на територіях, які затоплюються в повінь, позначки порогів на входах повинні бути не менше ніж на 0,5 м вище рівня накопчування

хвилі при максимальних горизонтах повеневих вод забезпеченістю 3% [26].

Перед насосними станціями водовідведення при відповідному обґрунтуванні передбачається влаштування аварійних випусків в водоймище або дощову каналізацію. Можливість влаштування та вибір місця розташування аварійних випусків узгоджуються з органами санітарно-епідеміологічної служби та рибогосподарського нагляду, а також з органами по регулюванню використання та охороні вод.

На підводовому до насосної станції колекторі (в колодязі) встановлюється затвор з керованим з поверхні землі приводом, що дозволяє при аварії на насосній станції тимчасово підтоплювати колектор або скидати стічну воду через аварійний випуск.

8.1.3 Надходження стічних вод до каналізаційних насосних станцій, зазвичай, нерівномірний впродовж доби. Тому для забезпечення нормальної роботи насосної станції при ній необхідно влаштовувати приймальний резервуар. Ємність приймального резервуара залежить від графіка притока

стічних вод та режиму роботи насосної станції. Графік притоку побутових стічних вод до приймального резервуару приймають відповідно до коефіцієнта нерівномірності, який визначають по витраті води на останній ділянці підводного колектору перед насосною станцією. Приток промислових стоків приймають за даними технологічного регламенту промислового підприємства.

Режим роботи насосів каналізаційних насосних станцій намагаються максимально наблизити до графіка притоку стічних вод, щоб ємність приймального резервуару була мінімальною. Велика ємність його неприпустима, оскільки при тривалому перебуванні стоків в ньому можливе їх загнивання. В той же час для забезпечення нормальної роботи насосів вона повинна бути не менше 5-ти хвилинної максимальної продуктивності одного з насосів [9, п.9.1.9]. В приймальних резервуарах насосних станцій продуктивністю більше 100000 м³/доб необхідно передбачати два відділення без збільшення загального об'єму.

На малих та середніх насосних станціях для забезпечення оптимального режиму роботи насосів в години мінімального та середнього притоків об'єм приймального резервуара повинен визначатись з урахуванням регулюючої ємності.

Продуктивність каналізаційної насосної станції призначають по максимальному годинному притоку стічних вод. Регулюють подачу станції за рахунок періодичного вимикання та вмикання насосів.

Велика кількість вмикань дозволяє зменшити ємність приймального резервуара, але значно ускладнює експлуатацію насосної станції. Тому кількість вмикань насосних агрегатів впродовж 1 години допускається: до 3-х при ручному управлінні; до 5 – при автоматичному. Досвід експлуатації каналізаційних насосних станцій показує, що при потужності електродвигунів насосних агрегатів більше 50 кВт навіть при автоматичному управлінні слід приймати не більше 3-х вмикань на 1 годину[20].

8.1.4 Аналіз режиму роботи насосних агрегатів при обмеженій кількості їх вмикань виконується графічно шляхом побудови інтегрального графіка притока і відкачки стічних вод впродовж 1 години для максимального, середнього (50% максимального) та мінімального притоків.

Для прикладу, припустимо, що максимальний годинний притік дорівнює 6% від добової витрати, мінімальний – 1%, середній відповідно – 3%. На вісі ординат діаграми, як показано на рис. 8.2.1, відкладають значення притоку стічних вод та подачі їх насосами (у % Q_{доб}), а на вісі абсцис – час (у хвилинах). Якщо для нашого випадку прийняти продуктивність насосної станції такою, що дорівнює максимальному притоку, тобто 6% Q_{доб}, то мінімальна ємність резервуару повинна бути $6 \times (5/60) = 0,5\% Q_{доб}$. Відклавши величину мінімальної ємності по вісі ординат і провівши з цих точок горизонталі, по точках їх перетину з лініями притоку можна визначити моменти спорожнення резервуару, а отже кількість вмикань насосів. Як видно з графіка для прийнятих умов кількість вмикань насосів дорівнює трьом.

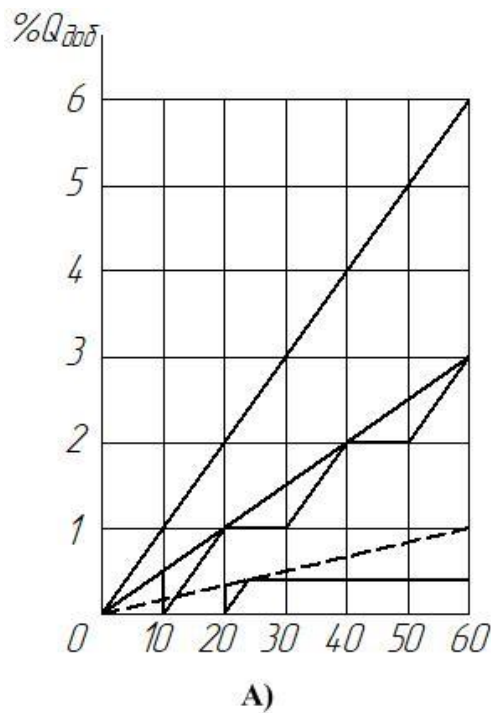


Рисунок 8.2.1 – Визначення ємності приймального резервуара: А) інтегральний графік; Б) приймальний резервуар

? Питання для самоконтролю

1. В яких випадках влаштовують каналізаційні насосні станції в загальній схемі системи водовідведення?
2. Які типи каналізаційних насосних станцій розрізняють в залежності від взаємного розташування приймального резервуара, решіток та машинного залу?
3. Які типи каналізаційних насосних станцій розрізняють в залежності від розташування вісі насосів відносно рівня води в приймальному резервуарі або колекторі?
4. Які особливості мають схеми влаштування каналізаційних насосних станцій для перекачки осадів та мулу?
5. Які санітарні умови треба забезпечити при розташуванні каналізаційних насосних станцій?
6. Як забезпечити оптимальний режим роботи насосів в години мінімального та середнього притоків?

Тема 8.2 Визначення основних розрахункових параметрів каналізаційних насосних станцій

Мета заняття: усвідомити принципи вибору насосного обладнання, ознайомитись з особливостями заливки насосів, засвоїти теоретичні знання з принципів вибору електродвигунів насосів, усвідомити принципи визначення розмірів машинних залів насосних станцій.

План

- 8.2.1 Визначення ємності приймального резервуару.
- 8.2.2 Визначення кількості насосних агрегатів каналізаційних насосних станцій.
- 8.2.3 Визначення напору насосів каналізаційних насосних станцій.
- 8.2.4 Класифікація повітродувних станцій.
- 8.2.5 Основні елементи компресорної установки.

 **Ключові терміни:** приймальний резервуар; повітродувна станція; напір каналізаційних насосів; компресорна установка

8.2.1 Мінімальна регулююча ємність приймального резервуару може бути визначена аналітично.

При заданому числі вмикань насосів та ручному управлінні розрахунок ведеться за формулою:

$$W_{np} = (Q_{np}/n) \times (1 - Q_{np}/Q_{н.ст.}), \quad (8.2.1)$$

де Q_{np} – мінімальний годинний приток, м³;

$Q_{н.ст.}$ – годинна подача насосної станції, м³;

n – кількість вмикань на годину.

Ємність приймальних резервуарів насосних станцій, які працюють послідовно, слід визначати з умови їх сумісної роботи. В окремих випадках цю ємність можна визначати, виходячи з умови спорожнення напірного трубопроводу.

Ємність приймального резервуару насосної станції загальносплавної, напівроздільної та дощової каналізації слід визначати, виходячи з терміну запуску найбільшого по продуктивності насосу.

8.2.2 Кількість та продуктивність насосних агрегатів каналізаційних насосних станцій визначається згідно з режимом її роботи. При цьому за основу приймається година максимального притоку. По цій витраті призначається подача насосної станції і перевіряється можливість роботи насосної станції з наміченою подачею в години середнього та мінімального притоків. Якщо такий режим можливий, то за подачею в годину максимального притока приймаються робочі насоси. При цьому перевіряється можливість забезпечення повної подачі одним насосом. Якщо такий режим неможливий при середньому та мінімальному притоках, приймають два насоси (при паралельній роботі), з яких при середньому та мінімальному притоках працює лише один.

При підборі насосів слід керуватись такими вимогами [31]:

- загальна подача робочих насосів повинна дорівнювати максимальному притоку стічних вод або дещо перевищувати його;
- кількість та подача насосів повинні забезпечувати стійкий режим роботи станції при періодичних коливаннях притоку стічних вод;
- насоси доцільно застосовувати однотипні.

В каналізаційних насосних станціях, крім робочих, необхідно передбачати резервні агрегати [9, табл.15]:

- при 1–2 робочих – 1 резервний;
- при ≥ 3 робочих – 2 резервних;
- при трьох робочих насосах продуктивністю до 100 л/с кожен допускається установка одного резервного агрегату при умові зберігання другого на складі.

В насосних станціях дощової, загальносплавної та напівроздільної систем водовідведення необхідно встановлювати насоси для перекачки дощових вод сумарною продуктивністю, яка дорівнює розрахунковому притоку цих вод в період однократного переповнення, встановлений для прийнятої схеми водовідведення з урахуванням незатоплення нижче розташованих територій при переповненні мережі. Кількість насосних агрегатів для перекачки дощових вод повинна бути мінімальною, резервні насоси не передбачаються.

8.2.3 Повна висота підйому насосів каналізаційної насосної станції може бути визначена лише після того, як за результатами розрахунку каналізаційної мережі визначена позначка місця розташування колодязя, куди повинні подаватись стічні води, або визначене місце розташування та позначка розрахункового рівня стічної води на очисних спорудах. Повний напір насосів визначається за формулою:

$$H = H_{г.в} + H_{г.н} + h_в + h_н + h_з, \quad (8.2.3)$$

де $H_{г.в}$ та $H_{г.н}$ – геометрична висота всмоктування та нагнітання відповідно, м;
 $h_в$ та $h_н$ – втрати напору у всмоктувальній та напірній лініях відповідно, м;
 $h_з$ – запас напору на вилив рідини з напірного трубопроводу (приймається 1 м).

8.2.4 Повітродувні станції класифікують як за призначенням, так і за рядом ознак, які визначаються типом і конструктивними особливостями основного устаткування.

Розрізняють такі види повітродувних станцій:

а) за створюваним тиском стисненого повітря в системі:

- високого тиску,
- низького тиску;

б) за типом основного устаткування:

- з об'ємними гідромашинами (компресорами),
- з відцентровими повітродувками;

в) за кількістю ступенів компресорів:

- з одноступеневими компресорами,
- з багатоступеневими повітродувками (компресорами);

г) за видом охолодження компресорів:

- з насосами без штучного охолодження,
- з компресорами зі штучним охолодженням;

д) за типом приводних двигунів:

- з електродвигунами,
- з двигунами інших типів.

Вибір того чи іншого типу повітродувної станції для конкретного виробництва визначається за значеннями розрахункових параметрів станції: за

кількістю стисненого повітря (газу), споживаного в системі, і за необхідним тиском нагнітання. Класифікація повітродувних машин за конструктивними особливостями та принципом дії наведена на рис. 8.2.2. Об'ємні гідромашини працюють за принципом витиснення; лопатеві – за принципом використання відцентрових сил. Принцип дії об'ємних і лопатевих компресорів ідентичний до роботи насосів, що перекачують краплинні рідини. Головна відмінність між ними полягає в тому, що компресори переміщують повітря, гази, які легко змінюють свій об'єм під впливом температури й тиску, під час їхньої роботи відбуваються теплові процеси. На відміну від краплинної рідини, фізичні властивості газів функціонально залежать від температури і тиску. Гази мають здатність розширюватися і стискуватися в широких межах. Процес руху газів пов'язаний із внутрішніми термодинамічними процесами. Зміна тиску в циліндрі під час стиснення газу відбувається залежно від термодинамічних умов стиснення. Процеси стиснення газу в компресорі можуть бути такими [31]:

- ізотермічні (незмінна температура: $T_1 = T_2 = \text{const}$);
- адіабатичні (відсутній теплообмін: $Q = 0$);
- політропічні, з підведенням або відведенням тепла.

У разі *ізотермічного стиснення* тепло відводиться максимально. Процес ізотермічного стиснення вимагає мінімальної роботи. Практично, за допомогою охолодження вдається відводити від компресора тільки частину тепла. В охолоджуваному компресорі на початку стиснення політропічна лінія наближається до адіабати, а наприкінці стиснення – до ізотерми. *Адіабатичний процес* стиснення відбувається без теплообміну із зовнішнім середовищем, без охолодження температура газу підвищується. Ізотермічний процес стиснення відбувається за умови повного відведення тепла. Тепло, яке виділяється під час стиснення газу, повністю відокремлюється від компресора системою охолодження, температура газу під час стиснення не підвищується.

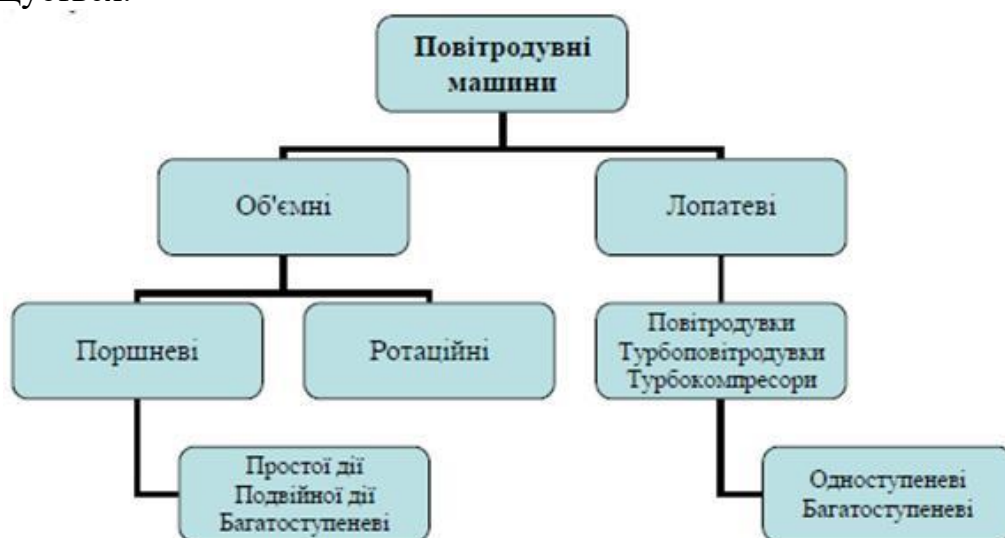
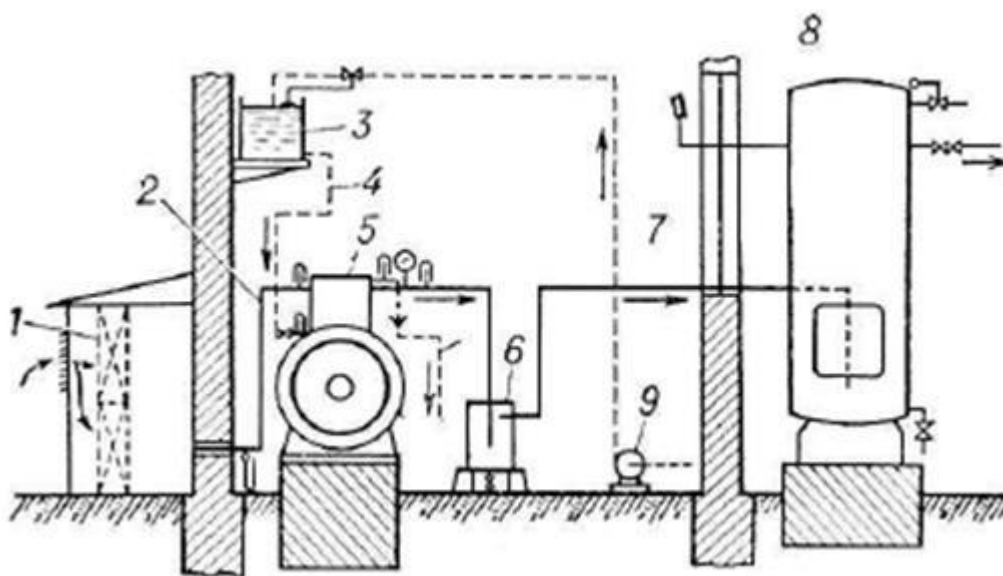


Рисунок 8.2.2 – Класифікація повітродувних машин за конструктивними особливостями та принципом дії

8.2.5 Основні елементи *компресорної установки* представлені на схемі (рис. 8.2.3). Для забезпечення надійності та безпечної експлуатації компресорна установка має необхідну арматуру та контрольно-вимірювальні прилади та пристрої [9, п. 9.2]. Приміщення для встановлення компресорів мають бути просторими, сухими, світлими і добре вентильованими. Компресори з продуктивністю вище 15 м³/хв встановлюються в окремих одноповерхових будівлях. Забір повітря для стиснення зазвичай беруть ззовні будинку, з північної сторони, тому що в цьому разі повітря, що засмоктується, більш прохолодне. Під час вибору місця забору повітря необхідно перевірити, чи немає поблизу цехів, які випускають велику кількість газів і пилу, а також напрямки пануючих вітрів.



1 – повітряний фільтр; 2 – всмоктувальний трубопровід; 3 – резервуар з водою для охолодження компресора; 4 – трубопровід подачі води для охолодження; 5 – компресор; 6 – проміжний накопичувач; 7 – подавання стисненого повітря; 8 – повітрярозбірник; 9 – циркуляційний насос

Рисунок 8.2.3 – Схема компресорної установки

Приймальний отвір всмоктувального повітропроводу розташовують на висоті 1,25–1,5 м від рівня землі і затягують мідною сіткою, а зверху влаштовують захисне улаштування від можливих ударів, атмосферних опадів і сторонніх предметів. Неправильне обладнання компресорних установок і їхня незадовільна експлуатація може спричинити вибухи та аварії з можливими тяжкими наслідками на окремих її ділянках. Безпосередніми причинами аварій та вибухів компресорних установок, як свідчить практика, можуть бути такі [20, 25]:

- надмірне підвищення температури стисненого повітря і перегрівання частин компресорної установки;
- запиленість і вологість засмоктуваного повітря;
- розряди статичної електрики;
- швидке підвищення тиску повітря в компресорній установці вище

допустимого;

- неправильний монтаж компресорної установки;
- неправильна експлуатація установки і незадовільний догляд за нею.

Основним попереджувальним заходом проти перегрівання є охолодження компресора, яке може бути повітряним і водяним. Повітряне охолодження застосовується в тому разі, коли тиск стисненого повітря не перевищує 2 кгс/см²; водяне – за більш високих тисків стиснення. Водяне охолодження полягає в безперервній примусовій циркуляції холодної води в сорочці циліндра компресора – від системи водопроводу або спеціального охолоджувального пристрою. До того ж температура води, що виходить з компресора, повинна бути не більше ніж на 25–30 °С вище температури води, що надходить у компресор. Водяне охолодження має відбуватися безперервно. Для спостереження за дією водяного охолодження воду з водяної сорочки компресора необхідно випускати в каналізацію відкритим струменем на видному місці.

? Питання для самоконтролю

1. Як проаналізувати режим роботи насосних агрегатів при обмеженій кількості їх вмикань?
2. Як визначити мінімальну регулюючу ємність приймального резервуару?
3. Як визначити мінімальну регулюючу ємність приймального резервуару при заданому значенні кількості вмикань насосів та автоматичному управлінні?
4. Як визначити ємність приймального резервуару насосної станції загальносплавної, напівроздільної та дощової каналізації?
5. Які вимоги слід дотримувати при виборі насосів на каналізаційних станціях?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Айрапетян Т. С . Міські інженерні мережі : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2008. 54 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/6209/1/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D1%83%D0%BA%D1%80_%D0%9C%D0%86%D0%9C.pdf
2. Беляєва В. М., Яковенко. М. М. Труби та арматура : конспект лекцій з дисципліни. Харків : ХНАМГ, 2009. 89 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/10941/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%A2%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%8B1.pdf
3. Благодарна Г. І., Гуцал І. О. Водопостачання та водовідведення : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2009. 110 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/16158/1/2009_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%92%D0%92%2C_%D0%9F%D0%93%D0%A1_3_%D0%BF%D0%B5%D1%87.%D0%B2%D0%B0%D1%80.2009.pdf.
4. Бойко Х.С. Типи будинків та архітектурні конструкції : навч. посіб. Львів : Політехніка, 2012. 193 с
6. Водний кодекс України : постанова Кабінету міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Tex>.
7. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення: 15.04. 2021).
8. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.
9. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 113 с. (Інформація та документація). URL: <https://armis.com.ua/docs/dbn/102.1.-DBN-V.2.5-75-2013-Kanalizatsiya-Zovnishni-merezhi.pdf>. (дата звернення: 15.04. 2021).
10. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [Чинний від 2013-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/99.1.-DBN->

- V.2.5-642012.-Vnutrishniy-vodoprovod-ta-kanali.pdf. (дата звернення 20.05.2021).
11. ДБН В.2.2-40:2018. Будинки і споруди. Інклюзивність будівель і споруд. [На заміну ДБН В.2.2-17:2006; чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 99 с. (Інформація та документація). URL: https://uu.edu.ua/upload/Inclusiya/Bezbar'yernist/1832_DBN-v-2-2-40.pdf (дата звернення 10.05.2021).
 12. Dobrovolska O. Development of procedure to control flow distribution in water supply network in real time. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, 2018. Vol. 6/8(96). С. 17–24. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2018.147656.
URL: https://www.researchgate.net/publication/330772816_Development_of_procedure_to_control_flow_distribution_in_water_supply_networks_in_real_time.
 13. Добровольська О. Г, Сокольник В. І. Про оперативність ліквідації витоків на водопровідних мережах. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. Луцьк, 2018. № 10. С. 50–57.
URL: <http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/issue/view/11/10>.
 14. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с. (Інформація та документація).
URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180. (дата звернення 25.05.2021).
 15. ДСТУ Н.Б.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011. 123 с. (Інформація та документація). URL: <https://geodez.com.ua/pdf/dstu-n-b-v.1.1-27-2010.pdf/>. (дата звернення 20.05.2021).
 16. ДСТУ 7525:2014. Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 26 с. (Інформація та документація). URL: http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf. (дата звернення: 21.04. 2021).
 17. ДСТУ 3008 – 2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [На заміну ДСТУ 3008-95; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет стандартизації «Інформація та документація», 2015. 31 с. (Інформація та документація).
 18. ДСТУ 8302- 2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 37 с. (Інформація та документація).
 19. Душкін С. С., Коваленко О. М., Благодарна Г. І. Експлуатація і ремонт водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 165 с.

URL:

<https://eprints.kname.edu.ua/40512/1/2013%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20172%D0%9B%20%D0%94%D0%B5%D0%B3%D1%82%D1%8F%D1%80%20%D0%9C.%20%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf>.

20. Душкін С. С., Дегтяр М. В. Надійність водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 115 с.
URL:

https://eprints.kname.edu.ua/46724/1/2016%2067%D0%9B%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%BA_12.10.2017.pdf.

21. Євреєнко Ю. П. Герасімов Г. Г. Насосні та повітродувні станції : інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВПГ, 2008. 125 с.
22. Епоян С. М. Карагяур А. С., Бабенко С. П. Применение центробежных устройств при подготовке питьевой воды из поверхностных источников : монография. Харків : ХНУСА ім. О. М. Бекетова, 2016. 168 с.
URL :http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nas/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%AD%D0%BF%D0%BE%D1%8F%D0%BD%20%D0%A1%24.
23. Jones G, Bosserman B., Sanks R, Tchobanoglous G. Pumping Station Design : design. Melbourne : Gulf Professional Publishing, 2006. 1054 p.
URL:https://books.google.lu/books?id=8NERxTxHGkgC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
24. Новохатній В. Г. Водопостачання. Системи і мережі : навч. посіб. Полтава : ПолтНТУ, 2014. 162 с.
25. Новохатній В. Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів : навч. посіб. Полтава : ПНТУ, 2019. 102 с.
26. Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : постанова Кабінету міністрів України. (Інформація та документація).URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#Text>. (дата звернення 20.05.2021).

28. Сорокіна К. Б. Водопостачання та водовідведення : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 80 с.
URL:
https://eprints.kname.edu.ua/42467/1/2014%2040%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%92%D0%92%20_%D0%A0%D0%92%D0%92%D0%A0_.pdf.
29. Ткачук О. А. Системи подачі та розподілення населених пунктів : навч. посіб. Рівне : НУВПГ, 2011. 273 с.
30. Холоменюк М. В., Ткачук А. В., Онопрієнко Д. М. Гідравлічні та аеродинамічні машини : навч. посіб. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.
31. Шевченко Т. О., Ярошенко Ю. В. Насосні та повітродувні станції : навч. посіб. Харків : ХНУМГ, 2015. 195 с. URL:<https://core.ac.uk/reader/33755331>.
32. Яковенко М. М. , Беляєва В. М. Насосні та повітродувні станції : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2012. 163 с.
URL:https://eprints.kname.edu.ua/25918/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%9D%D0%9F%D0%A1%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%202010-60%D0%9B.pdf.
33. Яковенко М. М., Тітов Ю. П. Насосні та повітродувні станції : методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи. Харків : ХНАМГ, 2010. 119 с.
URL: <https://docplayer.net/43914206-M-m-yakovenko-yu-p-titov.html>.

Навчальне видання
(українською мовою)

Добровольська Оксана Григорівна

НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ

Конспект лекцій

для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія” освітньо-професійної
програми «Міські інженерні мережі»

Рецензенти: *Є. А Манідіна, О. А. Троїцька*

Відповідальний за випуск *А. В. Банах*

Коректор *О. Г. Добровольська*