

# НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ (презентація дисципліни)





• Насосні та повітродувні станції є необхідними елементами систем водопостачання та водовідведення будівельних об'єктів. Вони є невід'ємною складовою частиною багатьох технологічних схем у промисловості, енергетиці, транспорті, теплогазопостачанні, у вентиляції будівель і споруд.. Розв'язання великої частини задач, пов'язаних з транспортуванням рідини та газу, спирається на закони і співвідношення, що описують перетворення механічної енергії приводу в енергію потоку рідини або газу. Здатність забезпечувати надійну експлуатацію обладнання насосних та повітродувних станцій: компресорів, вентиляторів, насосів, розробляти заходи щодо локалізації та ліквідації їх пошкоджень, вміння складати технологічні схеми підключення вказаного обладнання в технологічні процеси перекачування рідини та повітря є ключовою компетенцією сучасного інженера, конкурентоспроможного на ринку праці.







**Метою** вивчення навчальної дисципліни «Насосні та повітродувні станції» є отримання майбутніми фахівцями знань з проектування насосних та повітродувних станцій, набуття навичок і умінь з розрахунків та підбору обладнання та компоновання машинних залів насосних станцій, вироблення компетентностей з розробки проектної документації та вибору насосного обладнання.



• *Тема 1. Класифікація насосних станцій*

• Загальна класифікація насосних станцій.

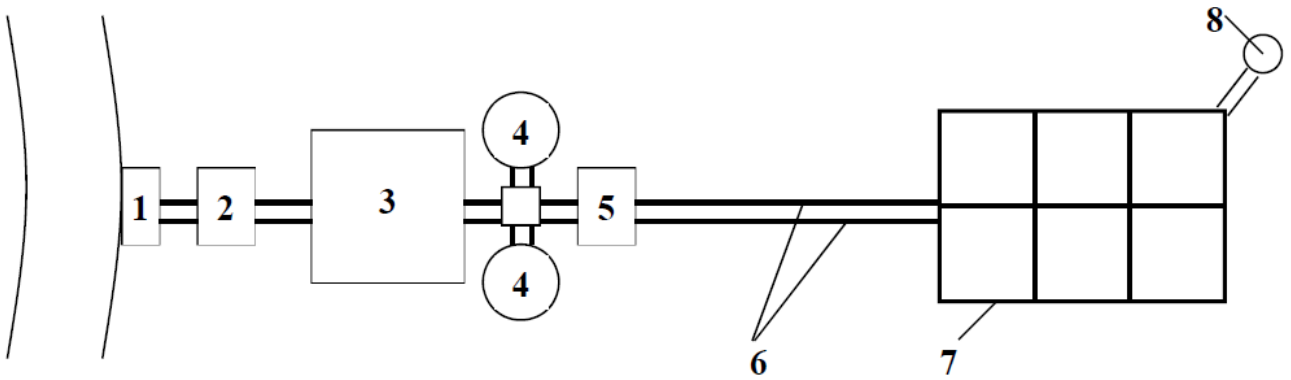
Класифікація водопровідних насосних станцій.

Класифікація каналізаційних насосних станцій.

Галузі застосування насосів, класифікація.

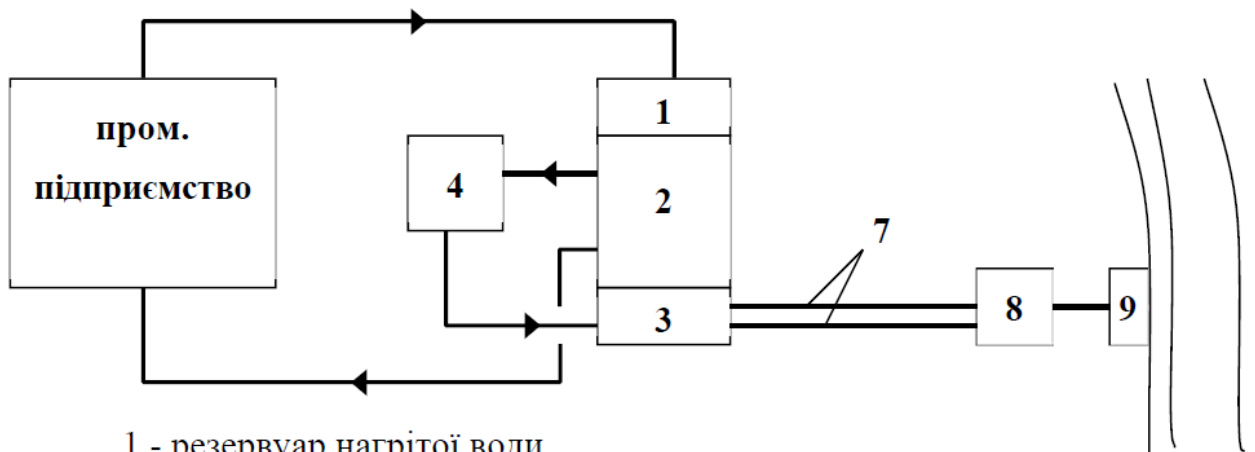






- 1 - водозабір,
- 2 - насосна станція I підйому,
- 3 - очисні споруди,
- 4 - резервуари чистої води,
- 5 - насосна станція II підйому,
- 6 - водоводи,
- 7 - водопровідна мережа,
- 8 - водонапірна башта.

Рисунок 1 - Схема системи водопостачання міста з поверхневого джерела



- 1 - резервуар нагрітої води,
- 2 - насосна станція оборотної системи,
- 3 - резервуар охолодженої води,
- 4 - споруди для охолодження води,
- 5 - трубопроводи охолодженої води,
- 6 - трубопроводи нагрітої води,
- 7 - водоводи підпиточної води,
- 8 - насосна станція,
- 9 - водозабір.

Рисунок 3 - Схема системи оборотного водопостачання пром підприємства

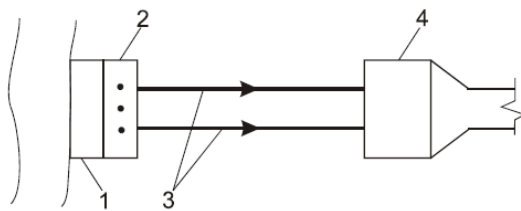




## Тема 2. Принципові схеми розташування насосних станцій в системах водопостачання та водовідведення

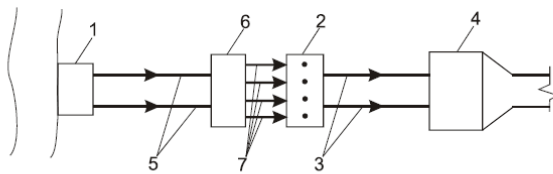
- 2.1 Схеми розташування насосних станцій першого підйому.
- 2.2 Схеми розташування насосних станцій другого підйому.
- 2.3 Схеми розташування підвищувальних та циркуляційних насосних станцій.
- 2.4 Схеми розташування каналізаційних насосних станцій.

### 1) берегові насосні станції сумісного типу



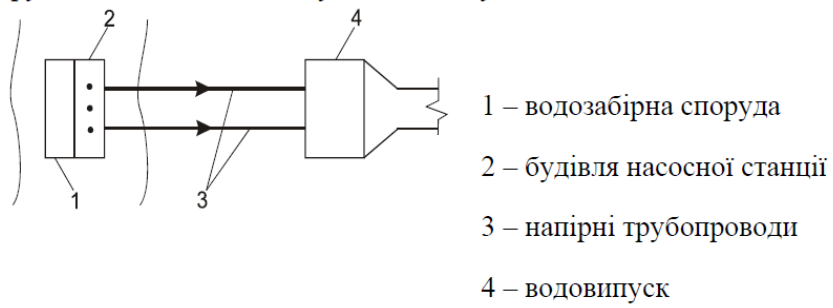
- 1 – водозабірна споруда
- 2 – будівля насосної станції
- 3 – напірні трубопроводи
- 4 – водовипуск

### 2) берегові насосні станції роздільного типу



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

3) руслові насосні станції сумісного типу





**Напір** насоса – це приріст питомої енергії, який насос передає одиниці ваги рідини, яку перекачує. Напір позначається буквою **H** і має таку розмірність [метри]:

$$[H] = \frac{[енергія]}{[сила]} = \frac{H \cdot m}{H} = \text{метри}.$$

**Тиск** насоса – це приріст питомої енергії, який насос передає одиниці об'єму рідини, яку перекачує. Тиск позначається буквою **P** і має таку розмірність [Па]:

$$[p] = \frac{[енергія]}{[об'єм]} = \frac{H \cdot m}{m^3} = \frac{H}{m^2} = \text{Па}.$$

$$p = \rho \cdot g \cdot H$$

**Потужність**, яку споживає насос, витрачається на створення потрібного (корисного) напору і на покриття усіх втрат енергії, які мають місце в насосі під час перетворення підведеної до нього механічної енергії в енергію рідини.

$$[N] = \frac{m^3}{c} \cdot \frac{H}{m^2} = \frac{H \cdot m}{c} = \text{Вт}.$$

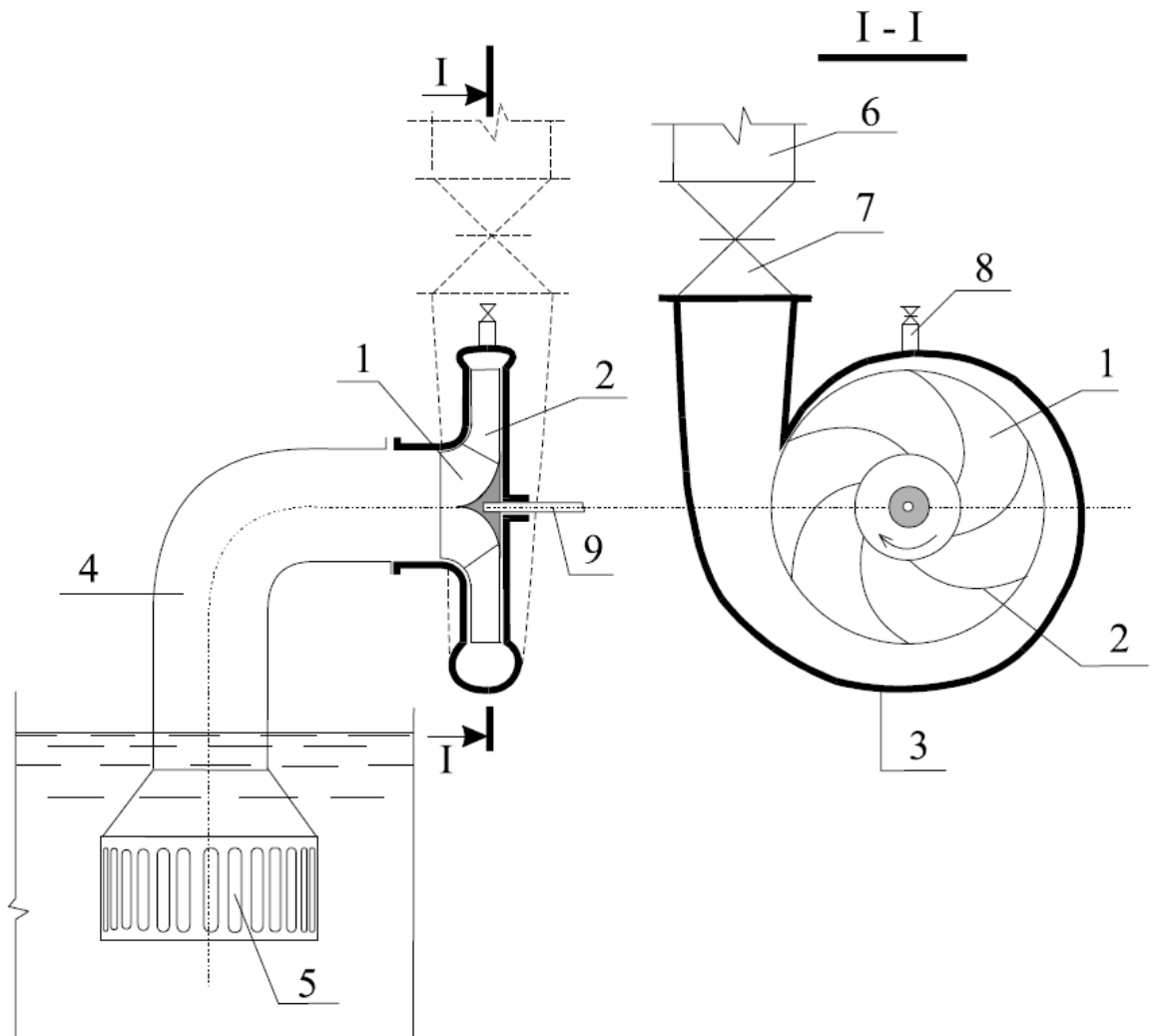
**Коефіцієнт корисної дії (к. к. д.)** враховує усі види втрат, які виникають при перетворенні механічної енергії двигуна в енергію рідини.

$$\eta = \frac{N_{\text{корисн}}}{N_{\text{валу}}} < 1,0.$$

*Вакууметричною висотою усмоктування* називається величина вакууму, що виникає на вході в насос. Вона вимірюється в метрах стовпа рідини, яка перекачується, і дорівнює різниці між атмосферним тиском і тиском на вході в насос

$$H_{\text{вак}} = \frac{P_{\text{атм}} - P_{\text{вхід}}}{\rho \cdot g},$$

### 1.3. Відцентрові насоси



*Рис. 1.1 – Схема будови відцентрового насосу*

*1 – робоче колесо; 2 – лопатка робочого колеса; 3 – корпус; 4 – усмоктувальний трубопровід; 5 – приймальний клапан; 6 – напірний трубопровід; 7 – засувка; 8 – штуцер для заливання насоса; 9 – вал, на який насаджено робоче колесо*



$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r,$$

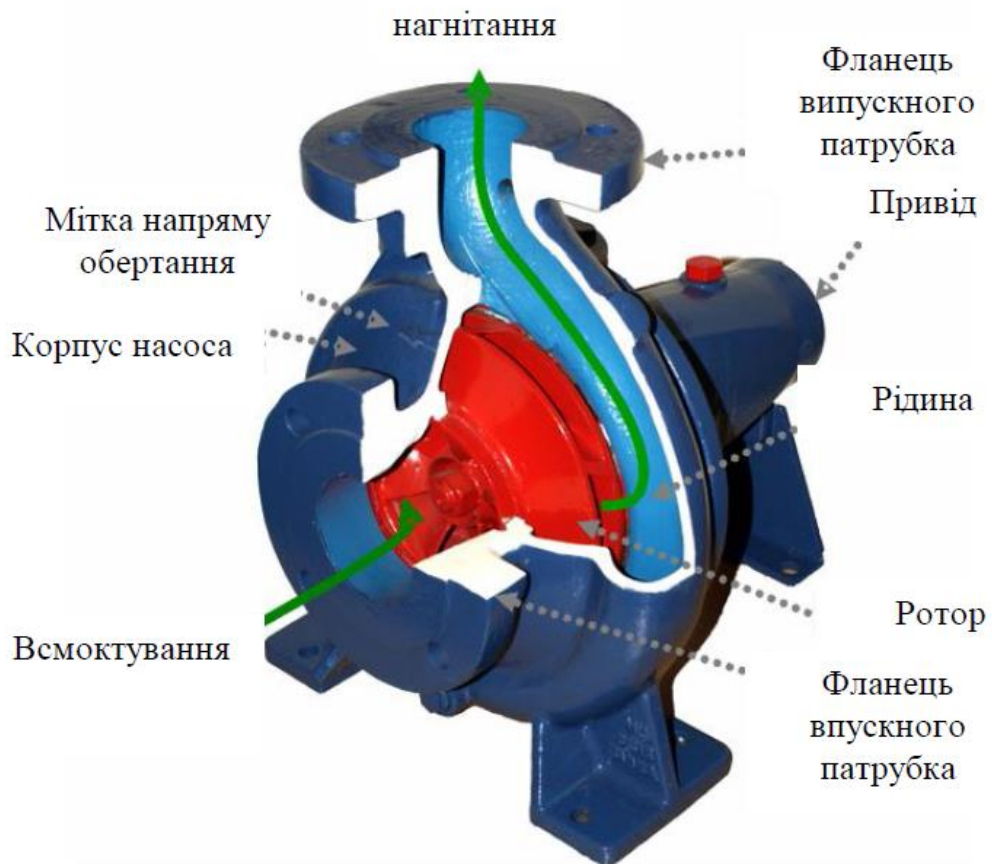


Рис. 1.2 – Будова відцентрового насосу

## 1.4. Класифікація відцентрових насосів

- за кількістю потоків* (за кількістю паралельно розміщених колес) насоси можуть бути однопотоковими і багатопотоковими;
- за величиною створюваного напору* відцентрові насоси розподіляються на такі:
  - малонапірні (насоси малого тиску) – ті, що створюють напір до 20 метрів водяного стовпа;
  - середньонапірні (насоси середнього тиску) – напір 20 – 60 метрів водяного стовпа;
  - високонапірні (насоси високого тиску) – напір більше 60 метрів водяного стовпа;
- за способом підводу рідини до робочого колеса* розрізняють насоси з одnobічним та двобічним входом;
- за способом відведення рідини від робочого колеса* розрізняють такі відцентрові насоси:
  - зі спіральним каналом;
  - з кільцевим каналом;
  - з направляючим апаратом (їх інколи називають турбінними насосами);

## 1.5. Арматура та вимірювальні прилади, якими обладнуються відцентрові насоси

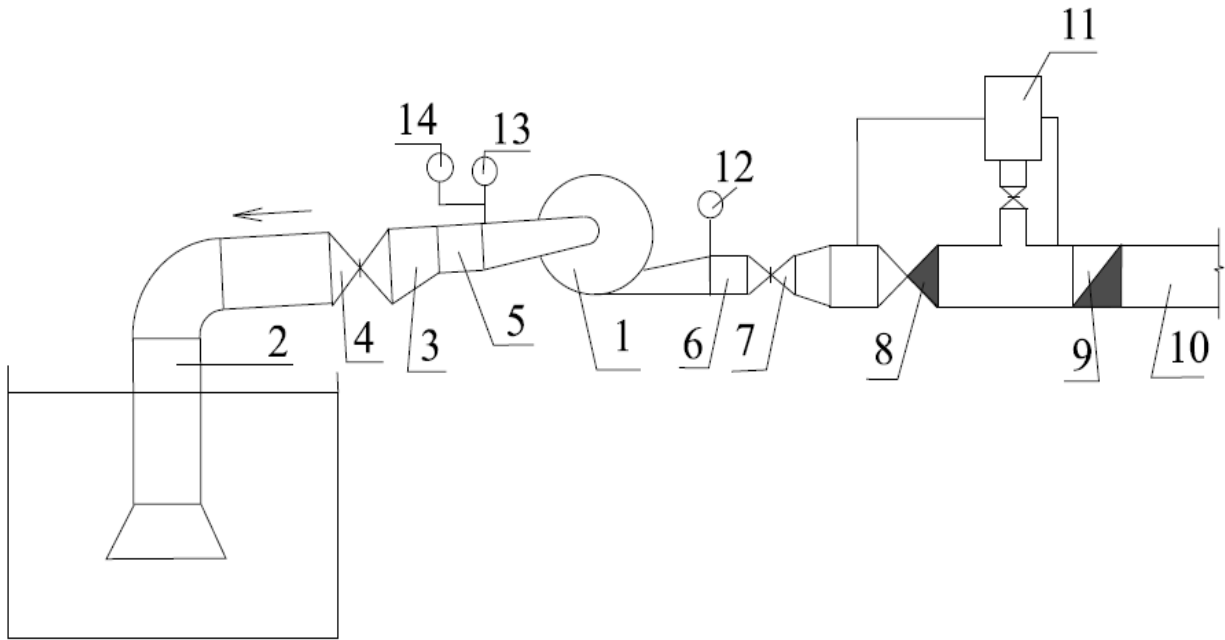


Рис. 1.3 – Схема установки насосного агрегату відцентрового типу

1 – відцентровий насос;

2 – усмоктувальний трубопровід (він прокладається з підйомом до насоса, нахил усмоктувального трубопровода має бути не менше 0,005);

3 – ексцентричний (косий) перехід (якщо замість ексцентричного переходу на горизонтальній ділянці усмоктувального трубопроводу поставити концентричний, то на верхній лінії трубопроводу може виникнути контрнахил, що не допускається);

4 – засівка на усмоктувальному трубопроводі (монтується тільки в тих випадках, коли насос може знаходитися під заливом, або якщо усмоктувальний трубопровід з'єднаний з усмоктувальними трубами інших насосів);

5, 6 – циліндричні вставки (полегшують монтаж та демонтаж насоса, в них також вирівнюються епюри швидкостей руху рідини на вході в насос та на виході із нього);

7 – напірна засівка (використовується для відключення насоса від напірного трубопроводу, а інколи і для регулювання подачі та напору насоса);

8 – зворотний клапан (не допускає зворотного руху рідини із напірного

9 – витратомір для обліку кількості поданої води (він повинен монтуватися на деякій відстані від місцевих опорів);

10 – напірний трубопровід (транспортуються рідина від насоса);

11 – гаситель гідравлічних ударів (захищає водоводи і арматуру від гідравлічних ударів, що виникають під час вимикання насоса на відкриті засувку; імпульсними трубками гаситель слід підключати до напірного трубопроводу з двох сторін зворотного клапану);

12 – манометр для вимірювання тиску, який створює насос;

13 – вакуумметр (встановлюється на усмоктувальному патрубку насоса для вимірювання вакууму; якщо тиск на вході в насос більший за атмосферний (наприклад при роботі насоса під заливом або при послідовній роботі насосів), то замість вакуумметра 13 слід ставити манометр або мановакуумметр 14).

## 1.6. Напір і тиск насоса за показами приладів

$$E_{\text{нм}} = Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2g},$$

де:  $Z$  – висота центру ваги описуваного об'єму рідини над площиною порівняння;

$P$  – тиск у центрі ваги;

$V$  – швидкість руху рідини;

$\rho$  – густина рідини;

$g$  – прискорення сили ваги.



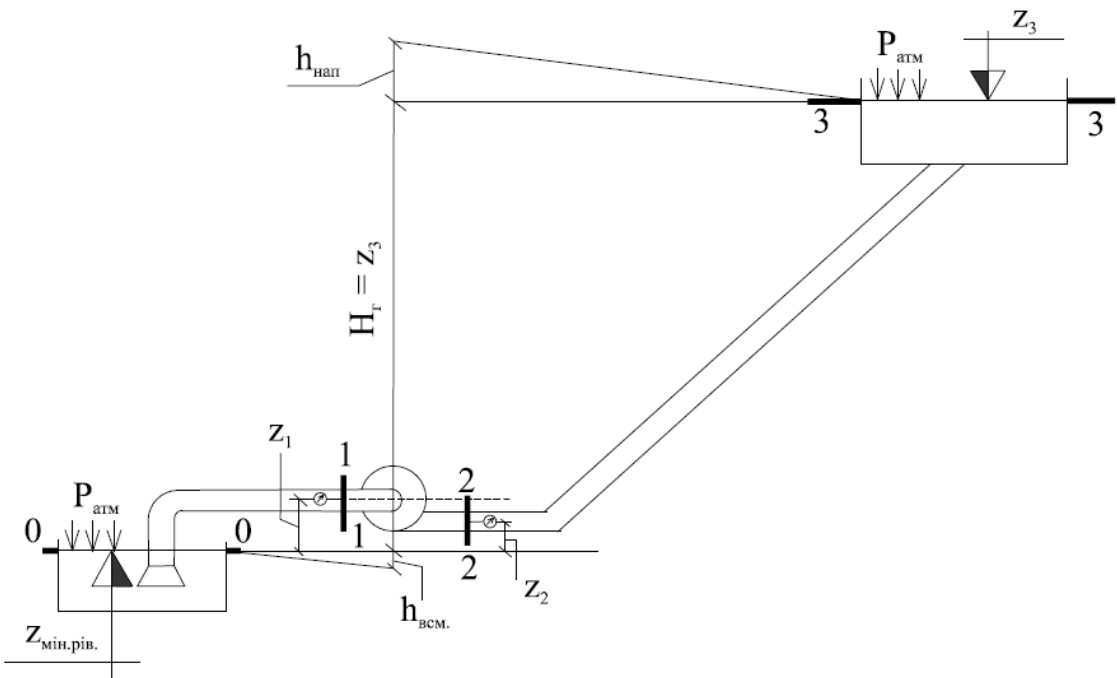


Рис. 1.3 – Схема визначення напору насоса за показами приладів

УЄ

$$E_{num1} = Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2g}.$$

$$E_{num2} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g}.$$

Напір насоса (тобто різниця питомих енергій) буде дорівнювати

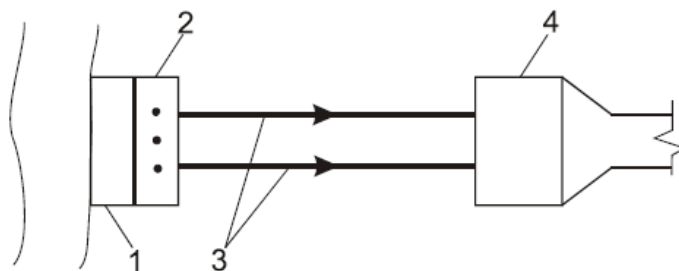
$$H = E_{num2} - E_{num1} = (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}.$$

•Тема 2. Принципові схеми розташування насосних станцій в системах водопостачання та водовідведення

•Схеми розташування насосних станцій першого підйому.  
Схеми розташування насосних станцій другого підйому.  
Схеми розташування підвищувальних та циркуляційних насосних станцій. Схеми розташування каналізаційних насосних станцій

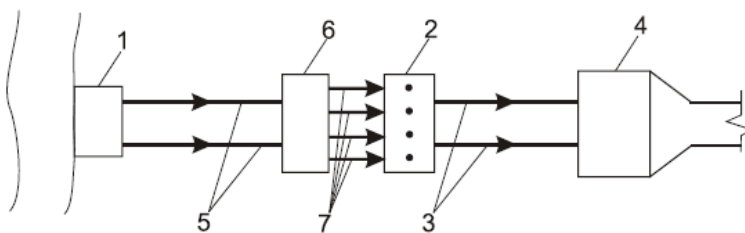
1.

1) берегові насосні станції сумісного типу



- 1 – водозабірна споруда
- 2 – будівля насосної станції
- 3 – напірні трубопроводи
- 4 – водовипуск

2) берегові насосні станції роздільного типу



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

Рисунок 2.2

3) руслові насосні станції сумісного типу

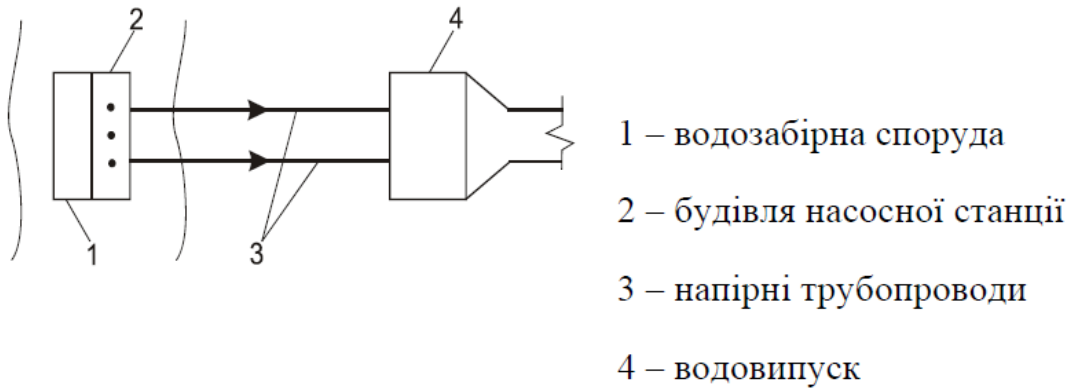


Рисунок 2.3

4) руслові насосні станції роздільного типу

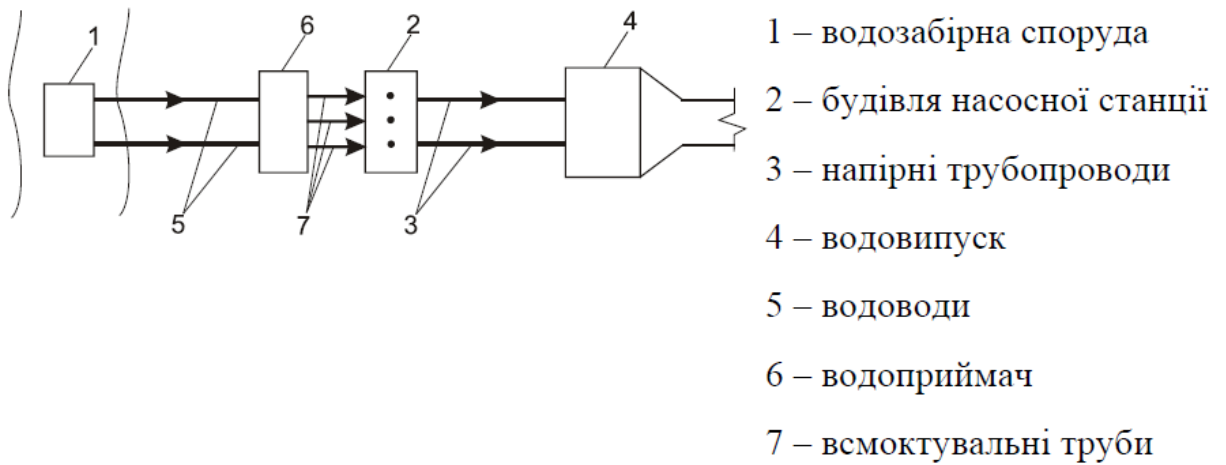
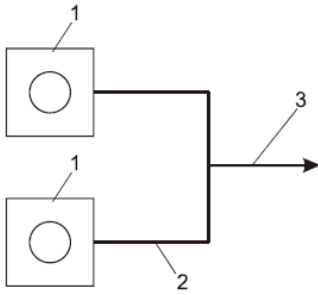


Рисунок 2.4

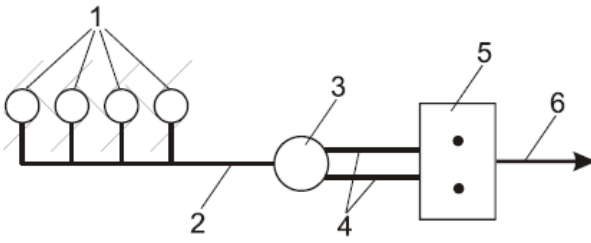
1) індивідуального водозабору;



- 1 – свердловини з установленими в них насосами;
- 2 – збірний колектор;
- 3 – напірний трубопровід.

Рисунок 2.5

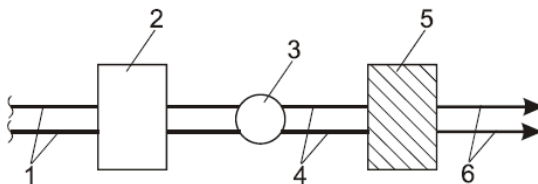
2) групового водозабору



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

Рисунок 2.6

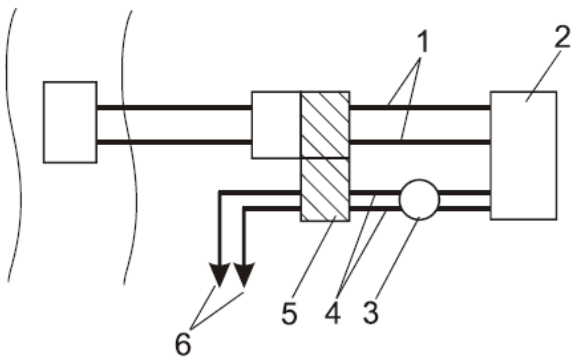
2.



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

Рисунок 2.7

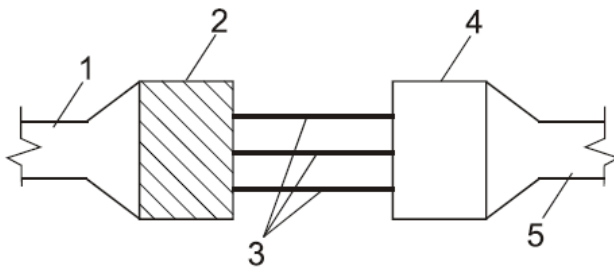




- 1 – водоводи першого підйому;
- 2 – очисні споруди;
- 3 – резервуар чистої води;
- 4 – всмоктувальні труби;
- 5 – насосна станція другого підйому;
- 6 – напірні водоводи.

Рисунок 2.8

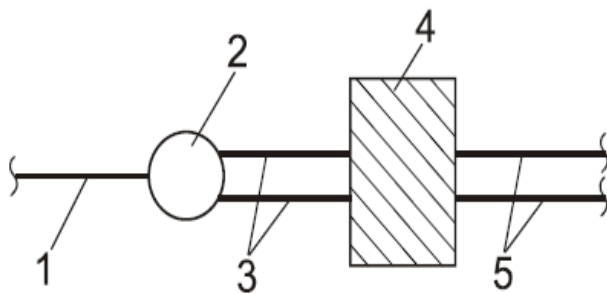
3.



- 1 – підводний канал;
- 2 – станція підкачки;
- 3 – водоводи;
- 4 – водовипуск;
- 5 – відводний канал.

Рисунок 2.9

1) з проміжним резервуаром:



1 – водовід;

2 – проміжний резервуар;

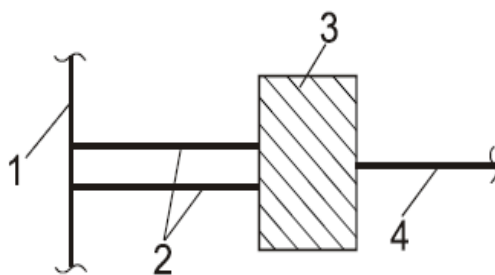
3 – всмоктувальні труби;

4 – станція підкачки;

5 – водоводи.

Рисунок 2.10

2) без проміжного резервуара:

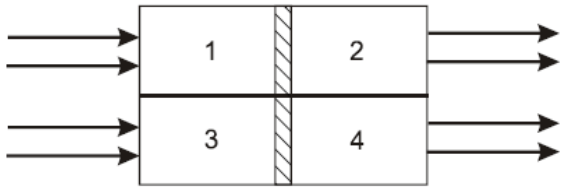


1 – водовід;

2 – всмоктувальні труби;

3 – станція підкачки;

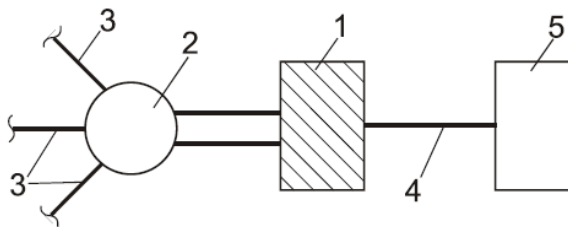
4 – водовід.



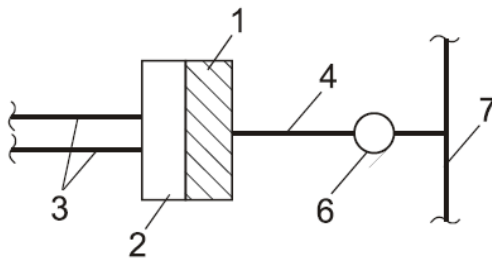
- 1 – резервуар охолодженої води;
- 2 – група насосів холодної води;
- 3 – резервуар теплої води;
- 4 – група насосів теплої води.

Рисунок 2.12

4.



- 1 – насосна станція;
- 2 – приймальний резервуар;
- 3 – самопливні колектори;
- 4 – напірний трубопровід;



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

Рисунок 2.14

### Контрольні питання

1. Для чого призначені насосні станції підкачка?
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?

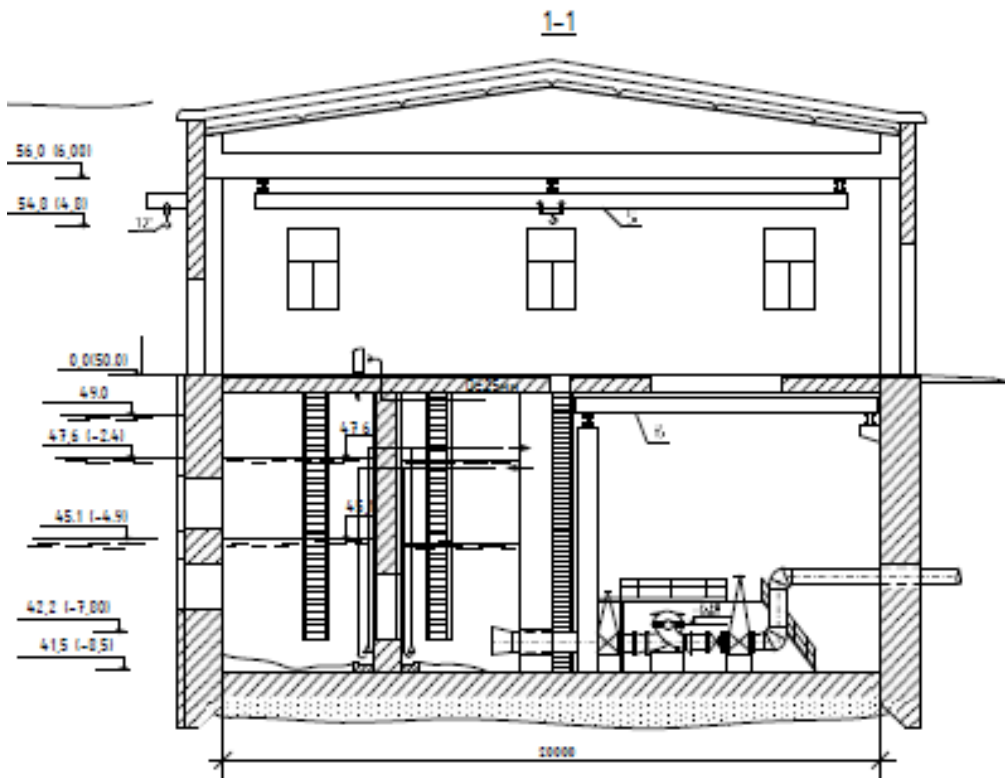
### Тема 3. Особливості влаштування водопровідних насосних станцій різного призначення

1. Особливості влаштування насосних станцій першого підйому.
2. Особливості влаштування насосних станцій другого підйому.
3. Особливості влаштування циркуляційних насосних станцій.
4. Особливості влаштування насосно-компресорних станцій.
5. Особливості влаштування насосних станцій підкачки.

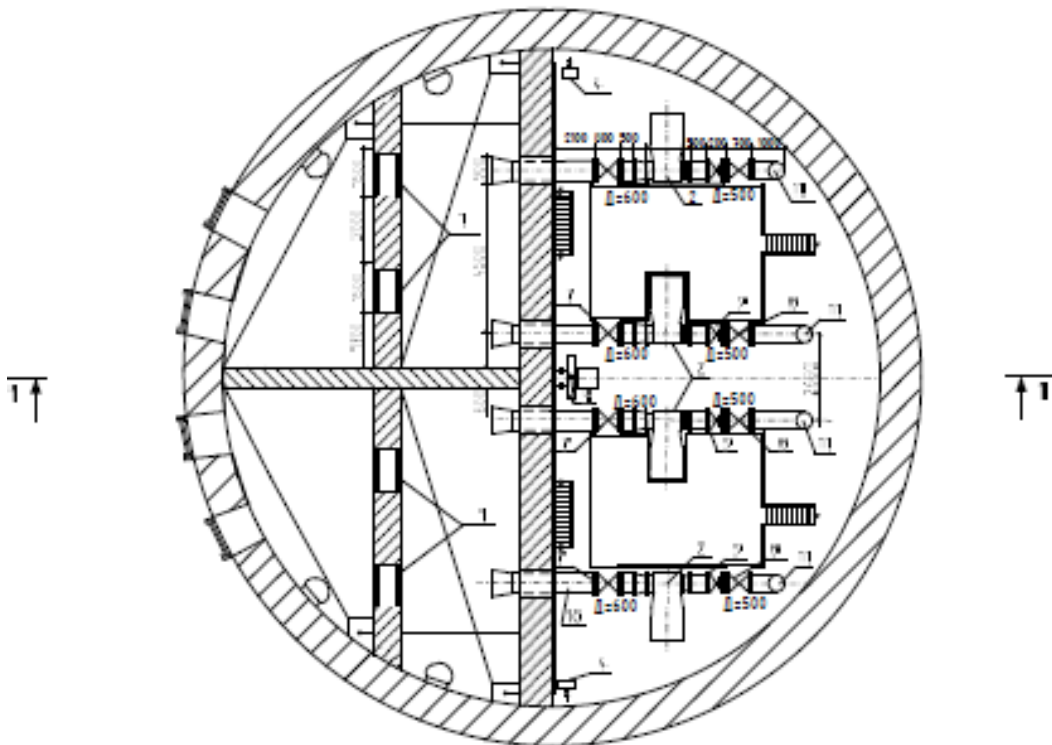
1.







План на відм. 47,0 (-3,0)



Насосна станція першого підйому суміщена з береговим водозабором

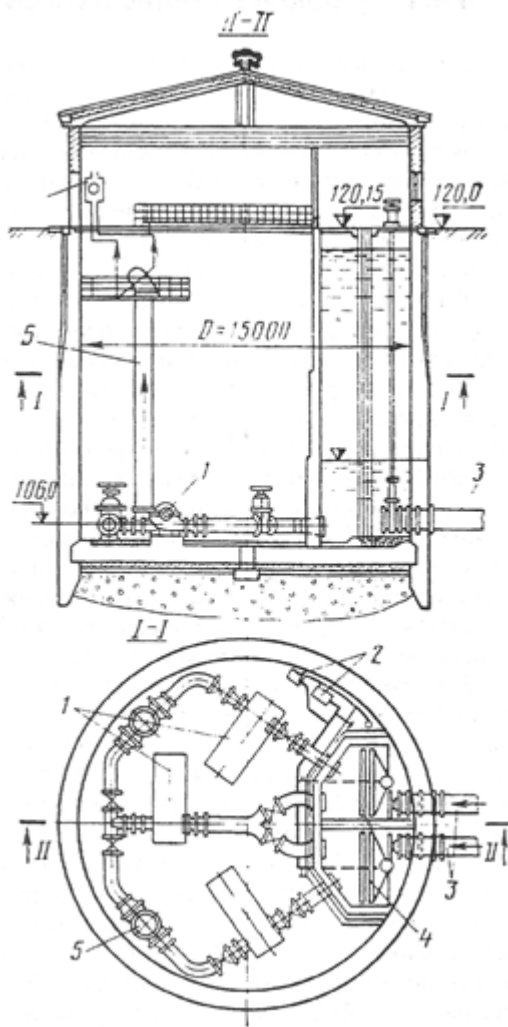
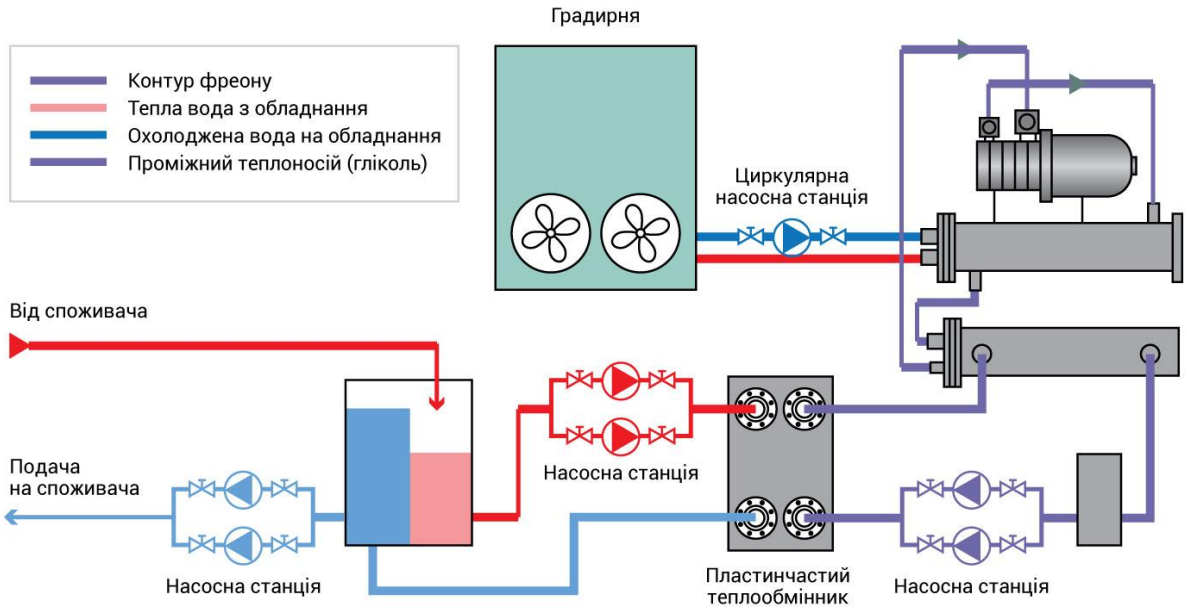


Схема насосної станції першого підйому



3.



Компресорна станція



5.



Насосні станції підкачки



## Тема 5. Проектування водоводів насосних станцій першого підйому

1. Усмоктувальні трубопроводи.
2. Напірні трубопроводи насосних станцій.
3. Схеми перемикань усмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому.
4. Споруди насосних станцій першого підйому.
5. Приклади насосних станцій першого підйому на поверхневих джерелах.

1.

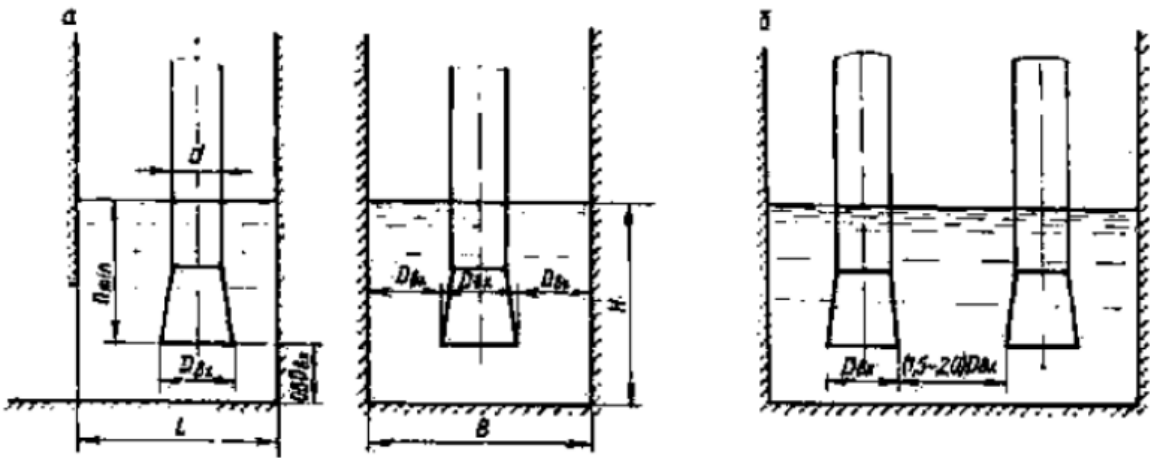


Рис. 5.1 - Схеми розміщення усмоктувальних труб у камері:  
а - при одній усмоктувальній трубі; б - при двох трубах

Діаметри трубопроводів визначаються за економічними швидкостями:

при  $v_e = (0,6...1)$  м/с - діаметр до 250 мм; при  $v_e = (0,8...1,5)$  м/с

$d = (300...800)$  мм і при  $v_e = (1,2...2,0)$  м/с -  $d > 800$  мм.



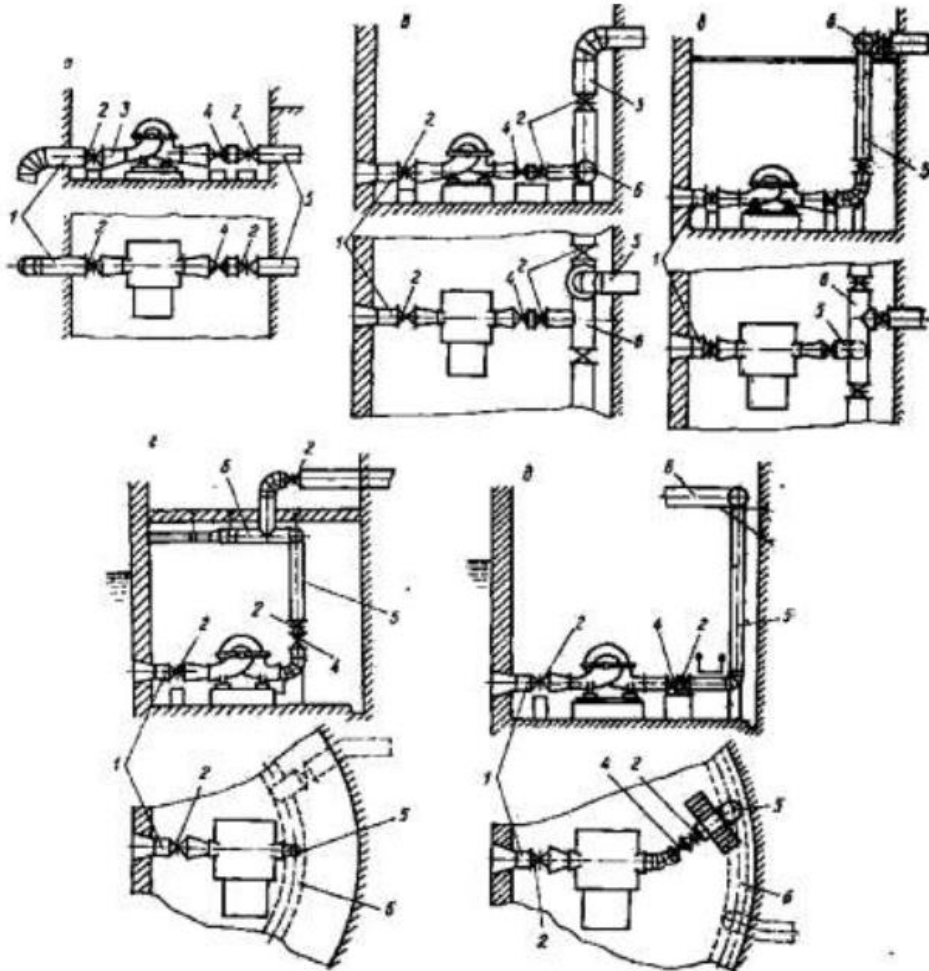


2.

$v_e = (0,8...2,0)$  м/с для труб діаметром до 250 мм;

$v_e = (1,0...3,0)$  м/с при  $d=(300... 800)$  мм;

$v_e = (1,5...4,0)$  м/с при  $d > 800$  мм.



Схеми компонувань усмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому з насосами типу Д:

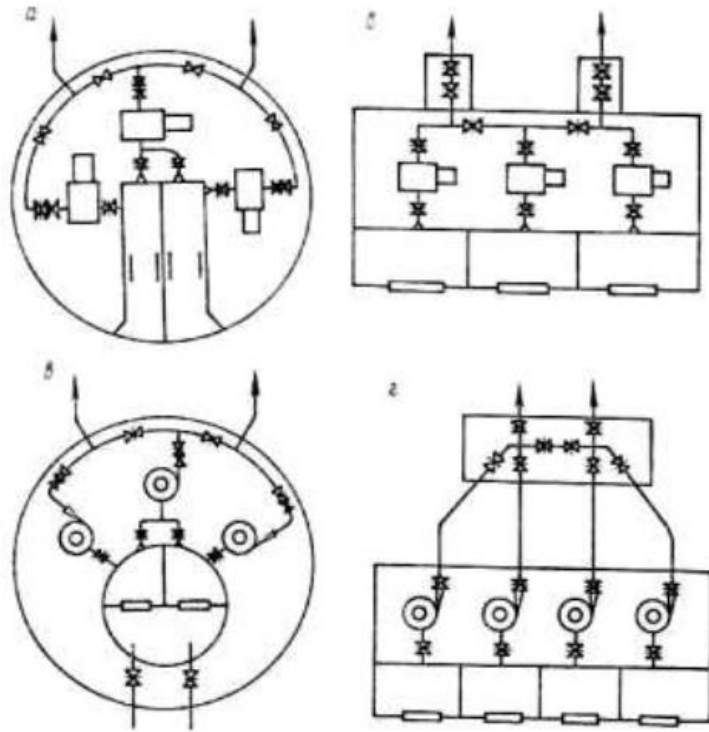
1 - усмоктувальний трубопровід; 2 - засувка; 3 - косий перехід; 4 - зворотний клапан; 5 - напірний трубопровід; 6 - напірний колектор



Зворотний клапан

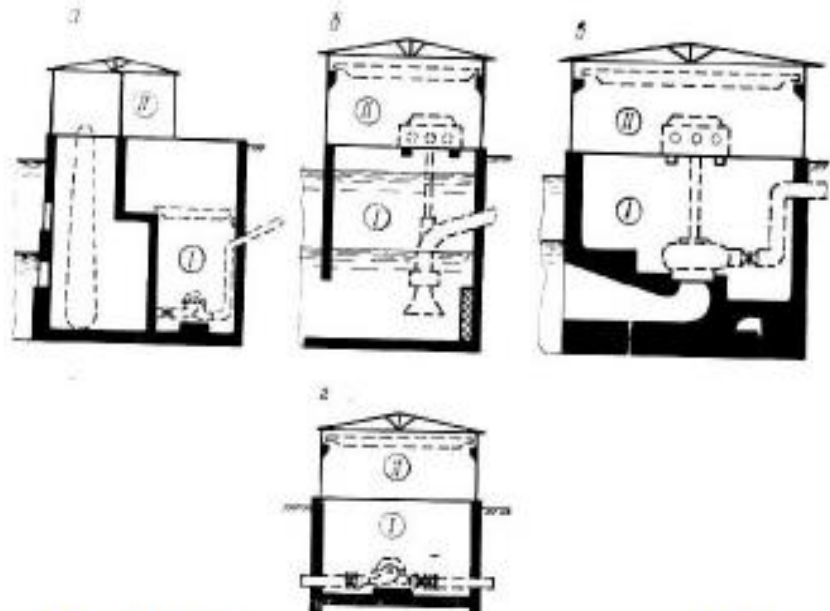


3.



Схеми перемикачів усмоктувальних і напірних трубопроводів станцій першого підйому

4



У будівлях, виконаних за схемою, наведеною на рис. 8, а, можуть бути використані як горизонтальні, так і вертикальні відцентрові насоси; у будівлях, виконаних за схемою б - тільки вертикальні осьові насоси, а за схемою в - тільки горизонтальні відцентрові.



### Контрольні питання

1. При яких умовах можливе забезпечення кожного насоса індивідуальною усмоктувальною трубою?
2. Як розраховується подача насосної станції першого підйому при нерівномірному графіку водоспоживання?
3. Як розраховується подача насосної станції першого підйому?
4. За якою схемою визначається розрахунковий напір насосів станції першого підйому?
5. Як монтують вертикальні відцентрові й осьові насоси?

•Тема 3. Особливості влаштування водопровідних

•насосних станцій різного призначення

- Особливості влаштування насосних станцій першого підйому.
- Особливості влаштування насосних станцій другого підйому.
- Особливості влаштування циркуляційних насосних станцій.
- Особливості влаштування насосно-компресорних станцій.
- Особливості влаштування насосних станцій підкачки.

1.

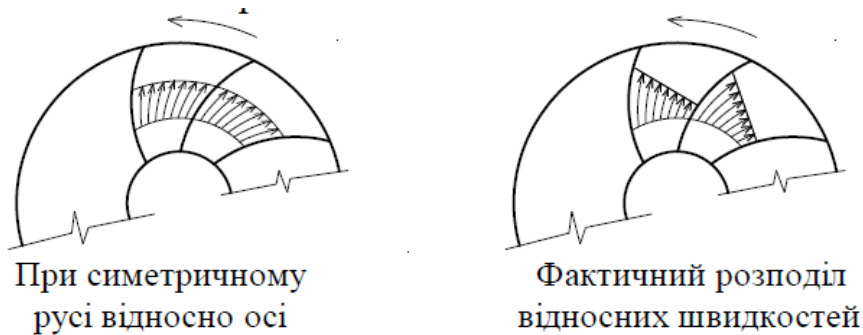


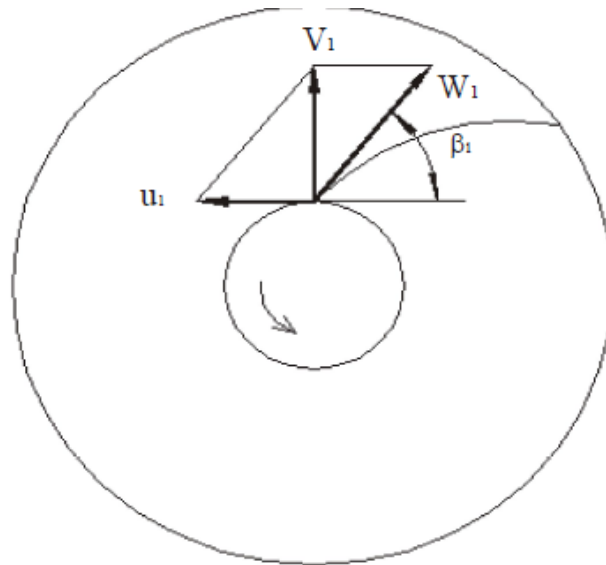
Рис. 3.1 – Розподіл відносних швидкостей в каналах робочого колеса

Формула для визначення напору насоса з урахуванням дійсного характеру течії реальної рідини в робочому колесі

$$H = k \cdot \eta_{\text{зідр}} \cdot \frac{u_2 V_{2u}}{g} \quad (3.1)$$

$$H = \alpha \frac{u_2^2}{g}, \quad (3.2)$$

2.



*Рис. 3.2 – Розподіл швидкостей при радіальному вході рідини на робоче колесо*

Можливі три випадки:

$$\beta_2 < 90^\circ;$$

$$\beta_2 = 90^\circ;$$

$$\beta_2 > 90^\circ.$$

Проаналізуємо усі ці випадки. Відомо, що повний напір, який створює робоче колесо насоса, складається із статичного та динамічного (швидкісного):

$$H = H_{\text{стат}} + H_{\text{дин}} = \frac{u^2 V_{2u}}{g}. \quad (3.8)$$

До того ж, величина динамічного напору визначається за формулою як різниця швидкісних напорів на виході та вході в колесо:

$$H_{\text{дин}} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} . \quad (3.9)$$

1) Лопатки загнуті назад ( $\beta_2 < 90^\circ$ ) (рис. 3.3).

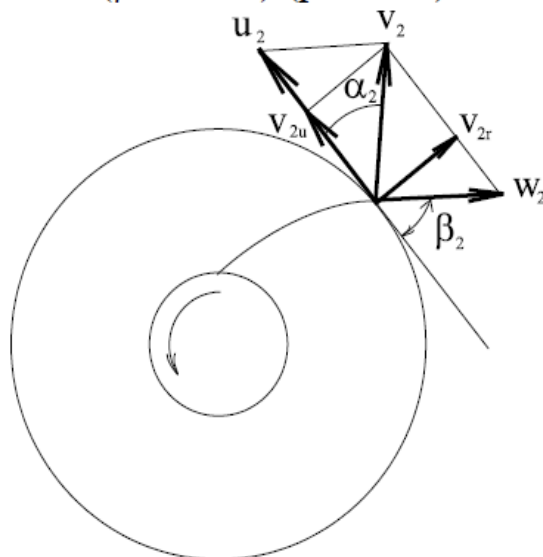


Рис. 3.3 – Робоче колесо з загнутими назад лопатками

У цьому випадку  $V_{2u} < u_2$ , тому:

$$H_{\text{дин}} = \frac{v_{2u}^2}{2g} < H_{\text{нас}} = \frac{u_2 v_{2u}}{2g} .$$

$$H_{\text{дин}} < 0,5 H_{\text{нас}} .$$



2) Лопатки з радіальним виходом ( $\beta_2 = 90^\circ$ ) (рис. 3.4).

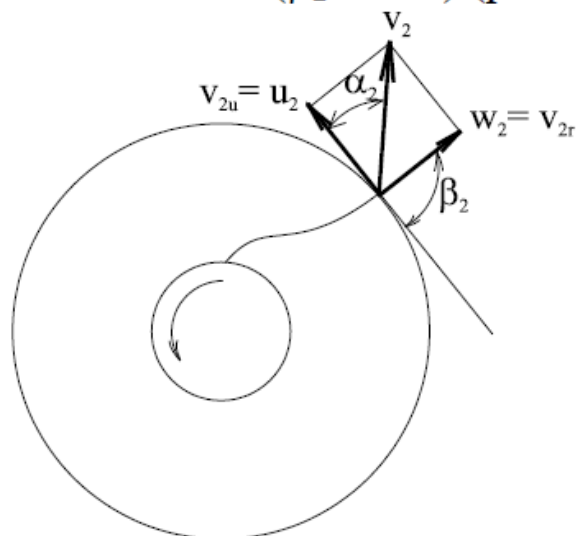


Рис. 3.4 – Лопатки з радіальним виходом

У цьому випадку  $V_{2u} = u_2$ , тому

$$\frac{v_{2u}^2}{2g} = \frac{u_2 v_{2u}}{2g}, \text{ або } H_{\text{дин}} = 0,5 H_{\text{нас}} .$$

3) Лопатки загнуті вперед ( $\beta_2 > 90^\circ$ ) (рис. 3.5).

У такому випадку  $V_{2u} > u_2$ , тому

$$\frac{v_{2u}^2}{2g} > \frac{u_2 v_{2u}}{2g}, \text{ або } H_{\text{дин}} > 0,5 H_{\text{нас}} .$$

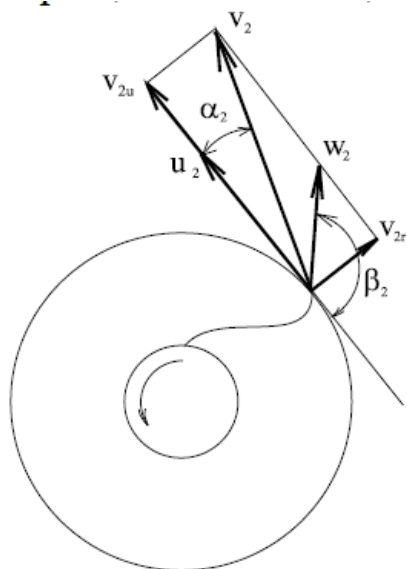
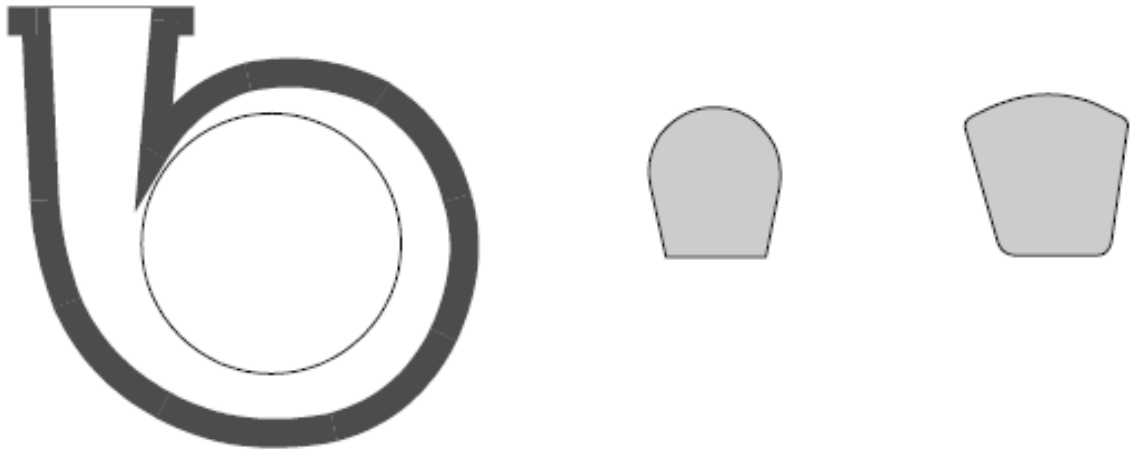


Рис. 3.5 – Робоче колесо з загнутими вперед лопатками

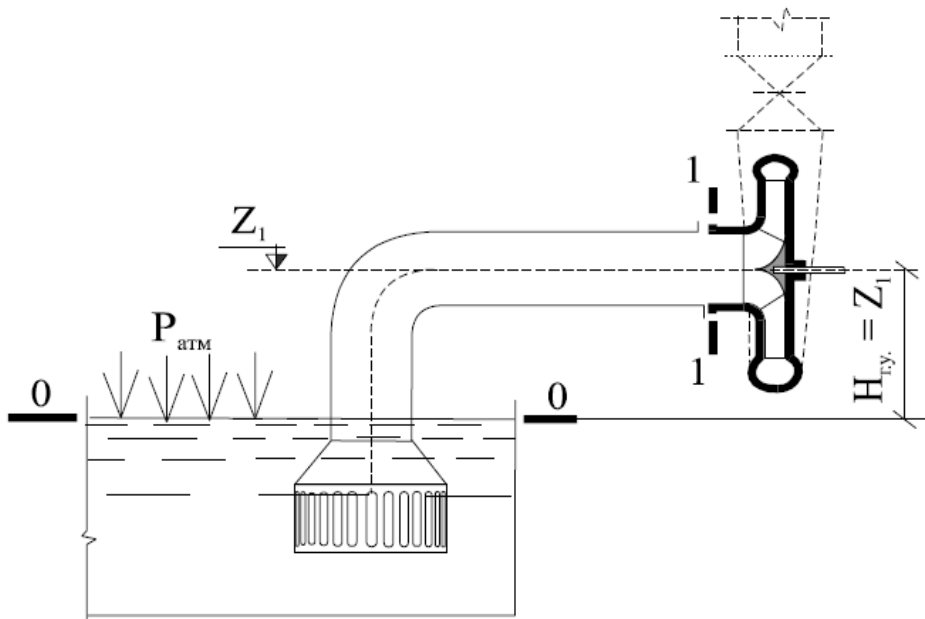
3.

у камері (рис. 3.6).

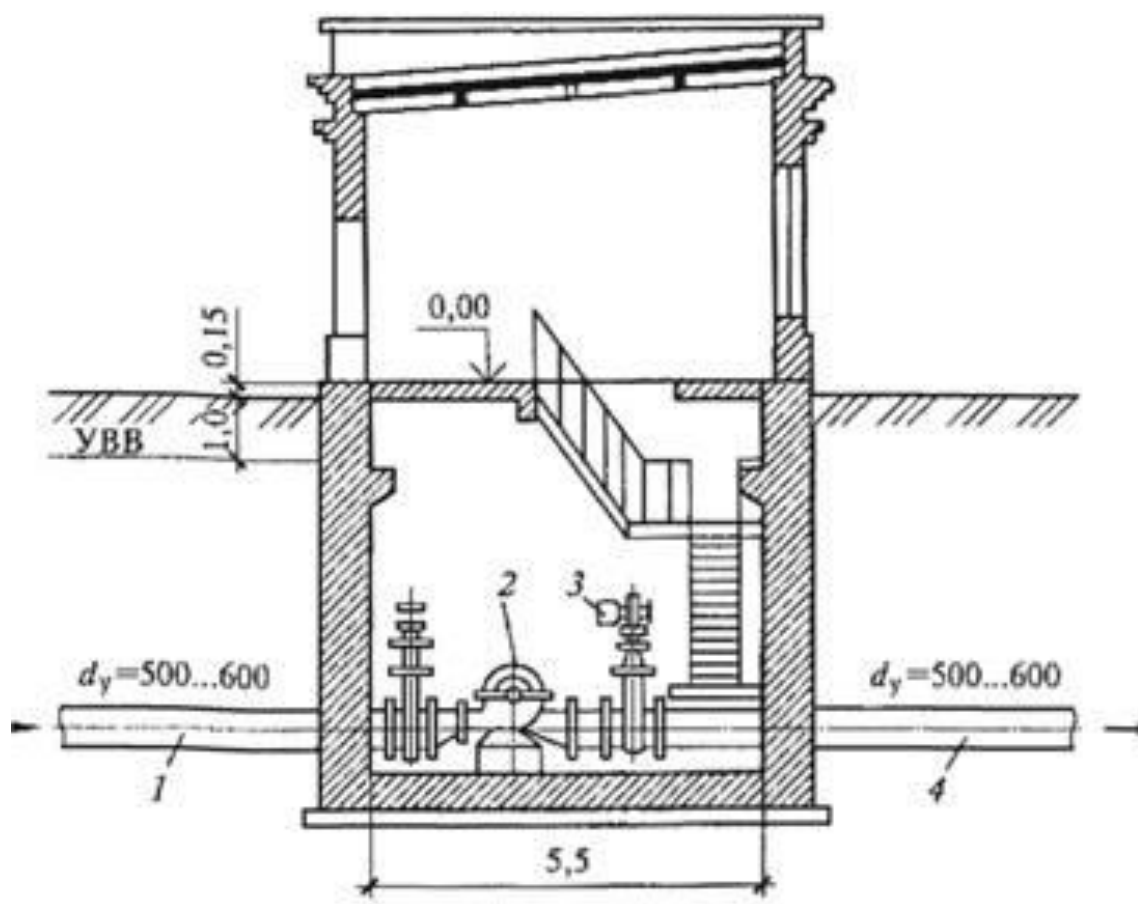


*Рис. 3.6 – Відвідна камера*

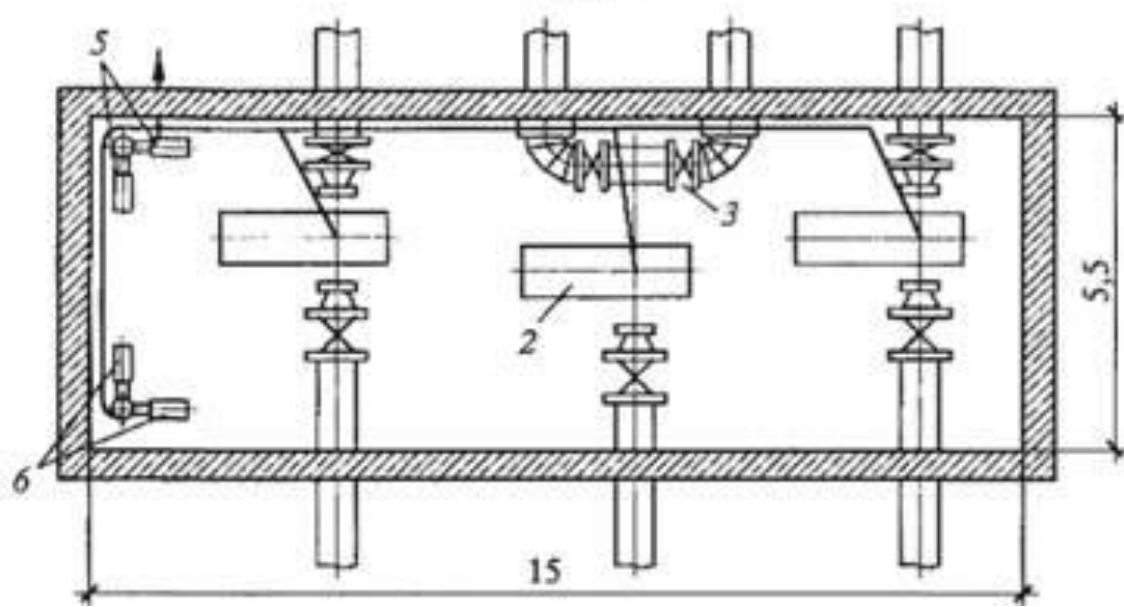
4.



*Рис. 3.7 – Визначення геометричної висоти всмоктування*



План



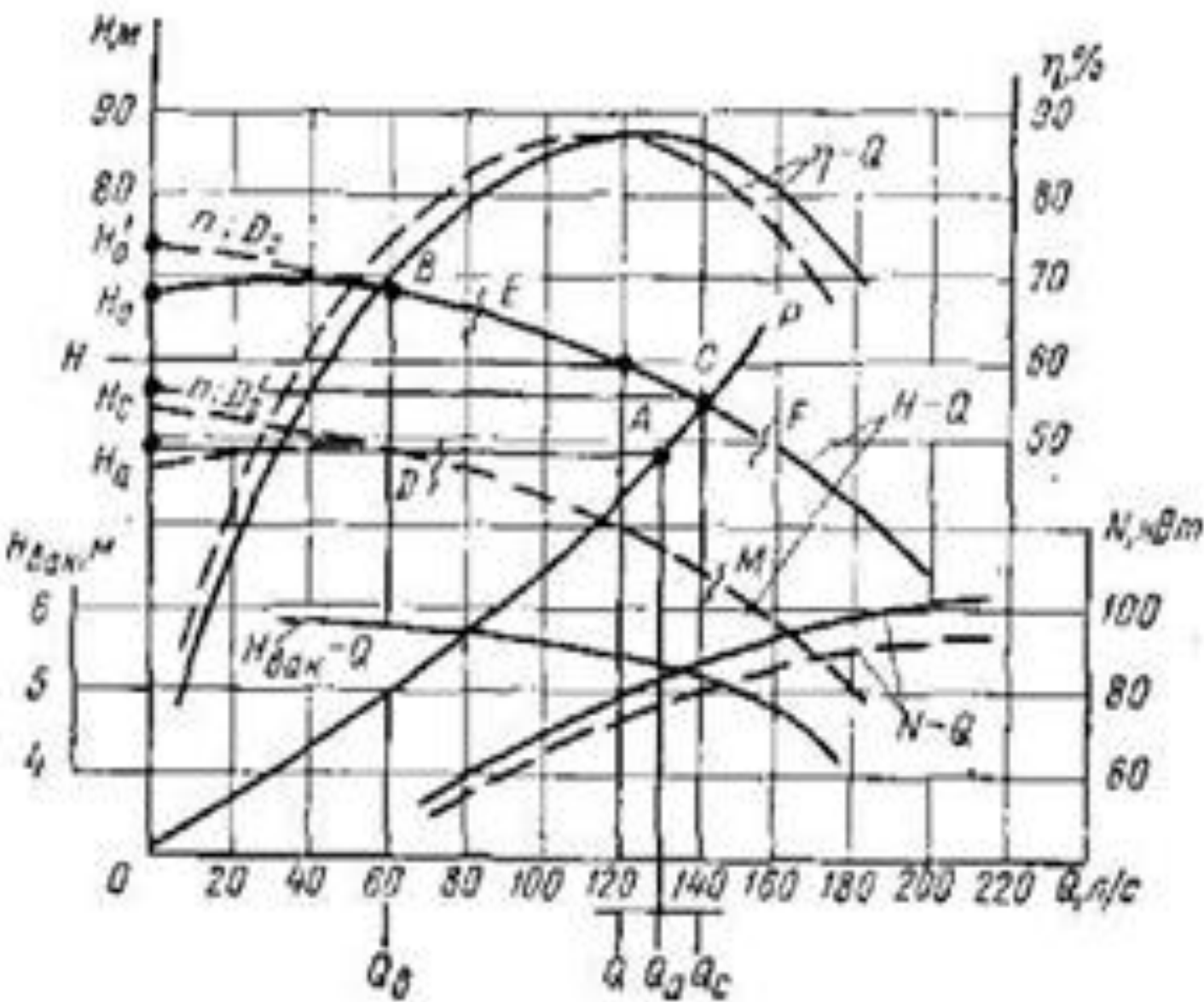


Рис. Д9. Рабочая характеристика центробежного насоса.

Якщо відома величина  $\Delta h$ , то найбільшу геометричну висоту усмоктування можна визначити за формулою:

$$H_{\text{зб}}^{\text{макс}} = H_{\text{атм}} - h_t - \Delta h - h_{\text{всм}} - \frac{V_1^2}{2g}, \quad (3.13)$$

де  $h_t$  – тиск насиченого пару рідини за даної температури.

Допустима вакуумметрична висота усмоктування  $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$  залежить від атмосферного тиску та від температури рідини, яку перекачує насос. На заводах–виробниках спеціальними кавітаційними випробуваннями визначається величина  $(H_{\text{вак}}^{\text{доп}})_{\text{пасп}}$  для атмосферного тиску 10 метрів водяного стовпа та при температурі води 20 °С.

$$H_{\text{з.в.}}^{\text{макс}} = (H_{\text{вак}}^{\text{доп}})_{\text{роб}} - h_{\text{всм}} - \frac{V_1^2}{2g}.$$

5.

**Кавітація** – це процес порушення суцільності потоку рідини в тих місцях, де тиск, знижуючись, сягає деякої критичної величини. Під час практичних розрахунків за цю критичну величину приймають тиск насиченого пару рідини за даної температури.



• *Тема 4. Особливості проектування насосних станцій I підйому з поверхневих джерел*

• Режим роботи і подача насосних станцій першого підйому.

• Напір насосних станцій першого підйому.

• Протипожежні насоси на станціях першого підйому.

• Розміщення насосних агрегатів на станціях першого підйому.

1. При подачі насоса  $Q$ , м<sup>3</sup>/с маса рідини, яку перекачує насос за 1 секунду, дорівнює

$$m = \rho Q. \quad (4.1)$$

$$N_{\text{корисн}} = \square gQH.$$

$$\eta = \frac{N_{\text{корисн}}}{N_{\text{вст}}}, \quad (4.3)$$

*Коефіцієнт корисної дії* насоса враховує усі втрати енергії в насосі. Вони складаються із гідравлічних, об'ємних і механічних втрат.

Гідравлічні втрати оцінюються гідравлічним коефіцієнтом корисної дії

$$\eta_{\text{гдр}} = \frac{H}{H + h_{\text{гдр}}}, \quad (4.4)$$

*Об'ємні втрати*

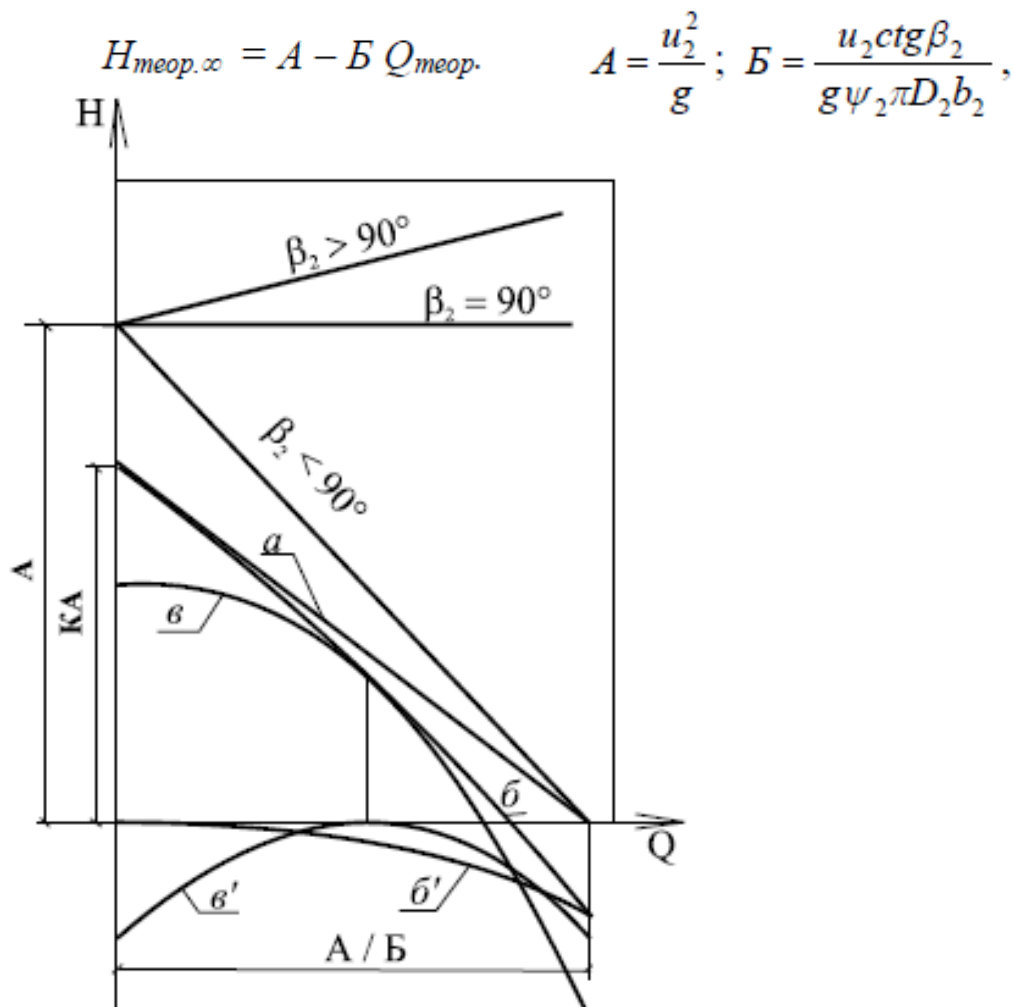
$$\eta_{\text{об}} = \frac{Q}{Q + \Delta Q}, \quad (4.5)$$

*Механічні втрати енергії*

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_{\text{вст}} - N_{\text{мех}}}{N_{\text{вст}}}, \quad (4.6)$$



2. Головна характеристична крива насоса – це графік, який виражає залежність напору насоса від подачі  $H = \square(Q)$  при постійному числі обертів робочого колеса.



✓ При  $\beta_2 < 90^\circ$ ,  $\text{ctg} \beta_2 > 0$  і  $B > 0$ . Отже, в цьому випадку із збільшенням  $Q_{теор.}$  величина  $H_{теор.\infty}$  буде зменшуватися.

✓ При  $Q_{теор.} = 0$ ,  $H_{теор.\infty} = A$ , а при  $H_{теор.\infty} = 0$ ;  $Q_{теор.} = A/B$ .

✓ При  $\beta_2 = 0$ ,  $\text{ctg} \beta_2 = 0$  і  $B = 0$ . Отже, в цьому випадку графік залежності  $H_{теор.\infty}$  від  $Q_{теор.}$  буде мати вигляд прямої лінії, паралельної осі  $Q$ .

✓ При  $\beta_2 > 0$ ,  $\text{ctg} \beta_2 < 0$  і  $B < 0$ . Водночас величина  $H_{теор.\infty}$  буде

збільшуватися із збільшенням подачі  $Q_{теор.}$

✓ При  $Q_{теор.} = 0$ ;  $H_{теор.\infty} = A$ .

При кінечній кількості лопаток теоретичний напір насоса зменшується і дорівнює

$$H_{теор} = K H_{теор.∞} \quad (4.15)$$

**Втрати напору в насосі можуть бути двох видів:**

**1) Втрати напору на подолання сил тертя рідини і на подолання місцевих опорів.**

**2) Втрати напору на удар під час входу рідини на лопатки робочого колеса і**

**спрямовуючого апарату.**

### 3. *Робочі характеристики насоса (Q–H); (Q–N) та (Q–S),*

$$H = M + B + \frac{V_{нпр}^2 - V_{всх}^2}{2g} \quad (4.16)$$

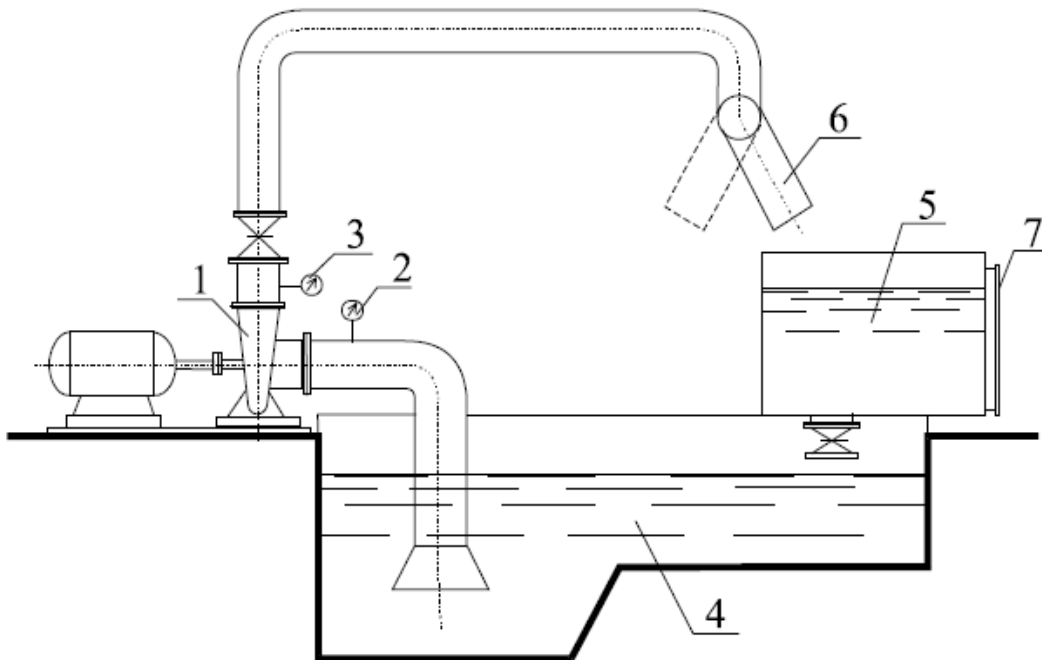


Рис. 4.2 – Схема стенда для енергетичних випробувань  
1 – насос; 2 – вакууметр; 3 – манометр; 4 – резервуар; 5 – вимірювальний бак;  
6 – поворотний накінецьник; 7 – водомірне скло.

$$Q = \frac{W}{t}.$$

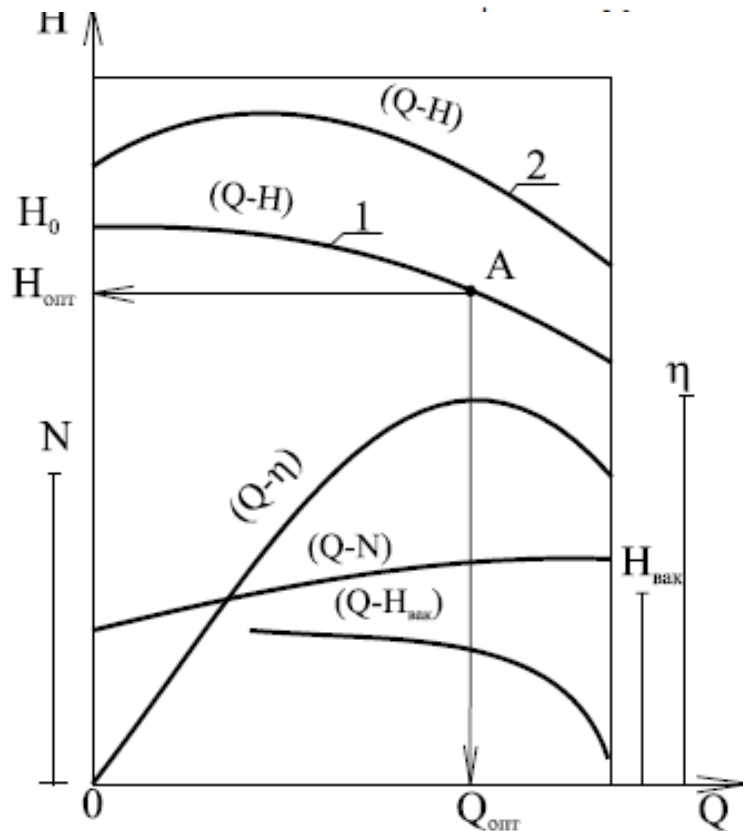
$$N_{\text{в.}} = \frac{\sqrt{3}UA \cos \varphi}{1000}, \text{ кВт.}$$

До того ж величина  $\cos \varphi$  обирається із паспорта електродвигуна за характеристикою ( $\cos \varphi - N_{\text{ел}}$ ). Потужність на валу насоса дорівнює

$$N_{\text{вал}} = N_{\text{ел}} \eta_{\text{ел.дв.}}, \quad (4.19)$$

Коефіцієнт корисної дії насоса визначають як відношення корисної потужності насоса до потужності на валу:

$$\eta = \frac{N_{\text{корисн}}}{N_{\text{вал}}} = \frac{\rho g Q H}{102 N_{\text{вал}}}. \quad (4.20)$$



*Рис. – Побудова характеристик насоса за результатами випробувань*

Характеристики (Q–H) відцентрових насосів можуть бути стабільними і лабільними. Характеристику називають *стабільною*, якщо найбільший напір насоса відповідає нульовій подачі (крива 1, рис. 4.3) і *лабільною*, якщо вона має максимум при деякій позитивній подачі (крива 2, рис. 4.3).

Характеристики (Q–H) можуть бути положистими і крутими. Крутизна характеристики визначається за формулою:

$$K = \frac{(H_0 - H_{\text{отт}}) \cdot 100}{H_{\text{отт}}}, \quad (4.21)$$

$K = 8 - 12 \%$ ,

$K = 25-30 \%$ .

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення та принцип визначення потужності та коефіцієнту корисної дії насоса.
2. Наведіть алгоритм побудови теоретичної характеристики Q–H відцентрового насоса.
3. Наведіть схему стенда для енергетичних випробувань насоса та дайте до неї пояснення.
4. Наведіть принцип побудови характеристик насоса за результатами випробувань.

*Тема 5. Проектування водоводів насосних станцій першого підйому*

1. Усмоктувальні трубопроводи.
2. Напірні трубопроводи насосних станцій.
3. Схеми перемикачів усмоктувальних і напірних трубопроводів насосних станцій першого підйому.
4. Споруди насосних станцій першого підйому.
5. Приклади насосних станцій першого підйому на поверхневих джерелах.

Постійність співвідношення будь-яких розмірів у моделі і природи буде такою:

$$\frac{D_{\text{моделі}}}{D_{\text{природи}}} = \frac{b_{\text{моделі}}}{b_{\text{природи}}} = \dots = \text{const.}$$

*Кінематична подібність*

$$\frac{V_{\text{природи}}}{V_{\text{моделі}}} = \frac{W_{\text{природи}}}{W_{\text{моделі}}} = \frac{u_{\text{природи}}}{u_{\text{моделі}}} = \dots = \text{const.}$$

**Динамічна подібність, окрім геометричної та кінематичної, вимагає ще і пропорційності усіх сил, які діють у відповідних точках потоку (сили тиску, ваги, інерції, в'язкості).**

$$Eu = \frac{P}{\rho V^2} = \frac{gH}{V^2}$$

перерахунку значно спрощуються:

$$\begin{aligned}\frac{H_{\text{натури}}}{H_{\text{моделі}}} &= \left(\frac{n_{\text{натури}}}{n_{\text{моделі}}}\right)^2 \left(\frac{D_{\text{натури}}}{D_{\text{моделі}}}\right)^2 \\ \frac{Q_{\text{натури}}}{Q_{\text{моделі}}} &= \frac{n_{\text{натури}}}{n_{\text{моделі}}} \left(\frac{D_{\text{натури}}}{D_{\text{моделі}}}\right)^3 \\ \frac{N_{\text{натури}}}{N_{\text{моделі}}} &= \left(\frac{n_{\text{натури}}}{n_{\text{моделі}}}\right)^3 \left(\frac{D_{\text{натури}}}{D_{\text{моделі}}}\right)^5\end{aligned}\tag{5.15}$$

2. **Коефіцієнтом швидкохідності насоса  $n_s$  називається кількість обертів другого насоса, який за всіма деталями геометрично подібний тому, що розглядається, але таких розмірів, що, працюючи в тому ж режимі, створює напір 1 метр водяног одачі 75 л/с.**

$$\left\{ n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} \right.$$

Для насосів із двобічним входом рідини в робоче колесо в цю формулу слід підставляти значення, що відповідає половині подачі насоса. Для багатоступневих насосів в цю формулу підставляють значення напору, який створює одне колесо.

Під час визначення  $n_s$  в формулу підставляють значення подачі в м<sup>3</sup>/с і напору в м. вод. ст., які відповідають оптимальному режимові роботи насоса (тобто роботі із найбільшим коефіцієнтом корисної дії).



3

В умовах виробництва часто виникає потреба у визначенні характеристик насосів при частотах обертання, які відрізняються від номінальної (в технічному паспорті насоса наводяться характеристики для номінальної частоти обертання). Для розрахунків у таких випадках користуються формулами перерахунку. У цьому випадку  $D = \text{const}$  і формули перерахунку набувають такого вигляду:

### *Закон пропорційності*

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1};$$

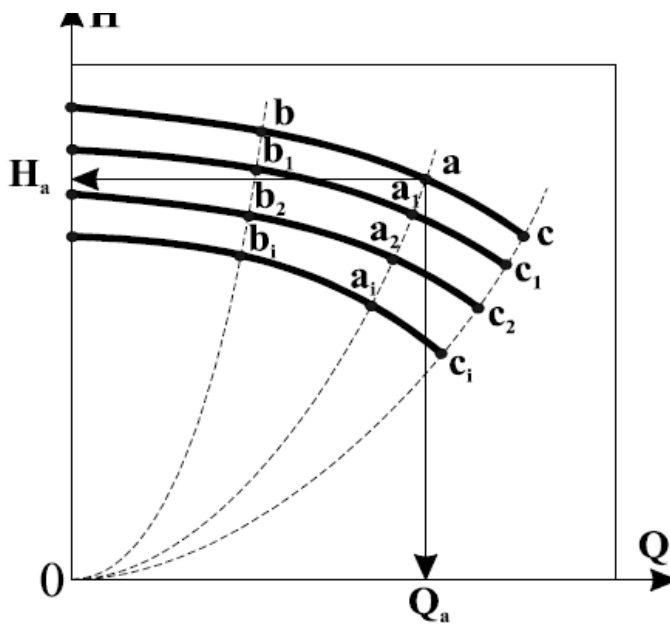
$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2;$$

$$\frac{N}{N_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3.$$

Вакууметричну висоту усмоктування можна розрахувати за формулою:

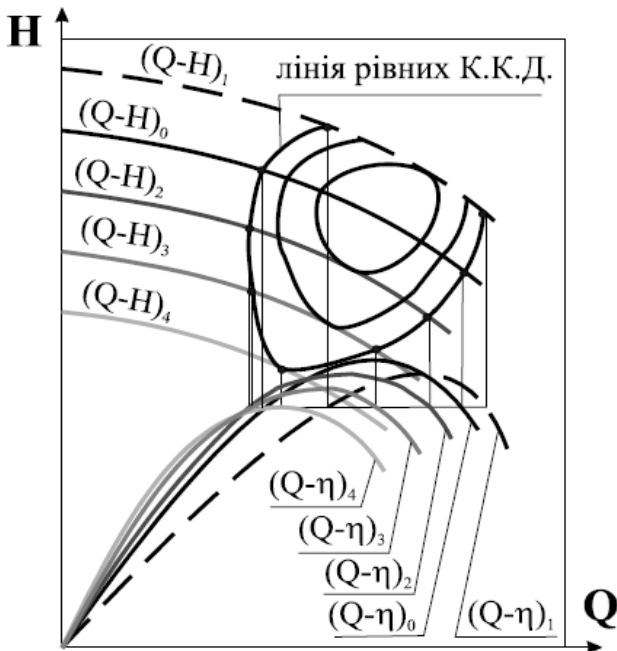
**Закон пропорційності за однією характеристикою (Q – H) дозволяє побудувати ряд характеристик для різних частот обертання. Для цього із рівнянь пропорційності вилучають частоту обертання**

$$H_1 = \frac{H_a}{Q_a^2} Q_1^2 = K Q_1^2.$$



*Рис. 5.1 – Вплив частоти обертання робочого колеса на основні характеристики насоса*

Якщо у координатах  $Q - H$  побудувати ряд характеристик насоса при різних частотах обертання  $Q_1 - H_1$ ;  $Q_2 - H_2$ ; ...;  $Q_i - H_i$ , а потім на цих характеристиках позначити точки з рівними к. к. д. і з'єднати їх плавними кривими, то отримуємо **універсальну характеристику** (рис. 5.2). Ця характеристика дозволяє найбільш повно дослідити роботу насоса при перемінних частотах обертання.



Подачу  $Q_{обт}$  і напір  $H_{обт}$  насоса із робочим колесом, яке обточене до діаметра  $D_{обт}$ , можна визначити за рівняннями закону подібності, якщо відомі подача  $Q$  і напір  $H$  насоса з номінальним (необточеним) колесом діаметром  $D$ .

Коефіцієнт корисної дії відцентрового насоса під час обточування робочого колеса можна розрахувати за формулою Муді:

$$\eta_{обт} = 1 - (1 - \eta) \left( \frac{D}{D_{обт}} \right)^{0,25}$$

В залежності від коефіцієнта швидкохідності найбільша обточка робочого колеса не повинна перевищувати таких значень:

При  $n_s < 120$   $\frac{D - D_{обт}}{D} 100 \leq 15 \div 20 \%$ ;

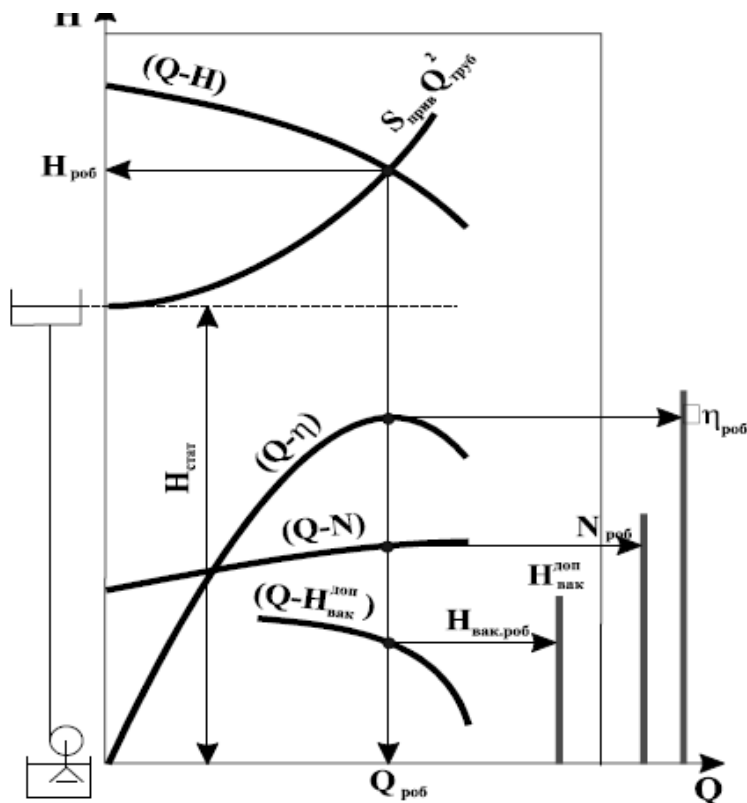
При  $120 < n_s < 200$   $\frac{D - D_{обт}}{D} 100 \leq 11 \div 15 \%$ ;

При  $200 < n_s < 300$   $\frac{D - D_{обт}}{D} 100 \leq 7 \div 11 \%$ .

5. **Робочою точкою насоса**, яка характеризує його режим під час роботи на напірний трубопровід, називається точка перехрещення характеристики  $Q - H$  насоса із характеристикою трубопровода.

Для побудови графічної характеристики трубопровода користуються формулою:

$$H_{труб} = H_{стат} + S_{прив} Q_{труб}^2, \quad (5.23)$$



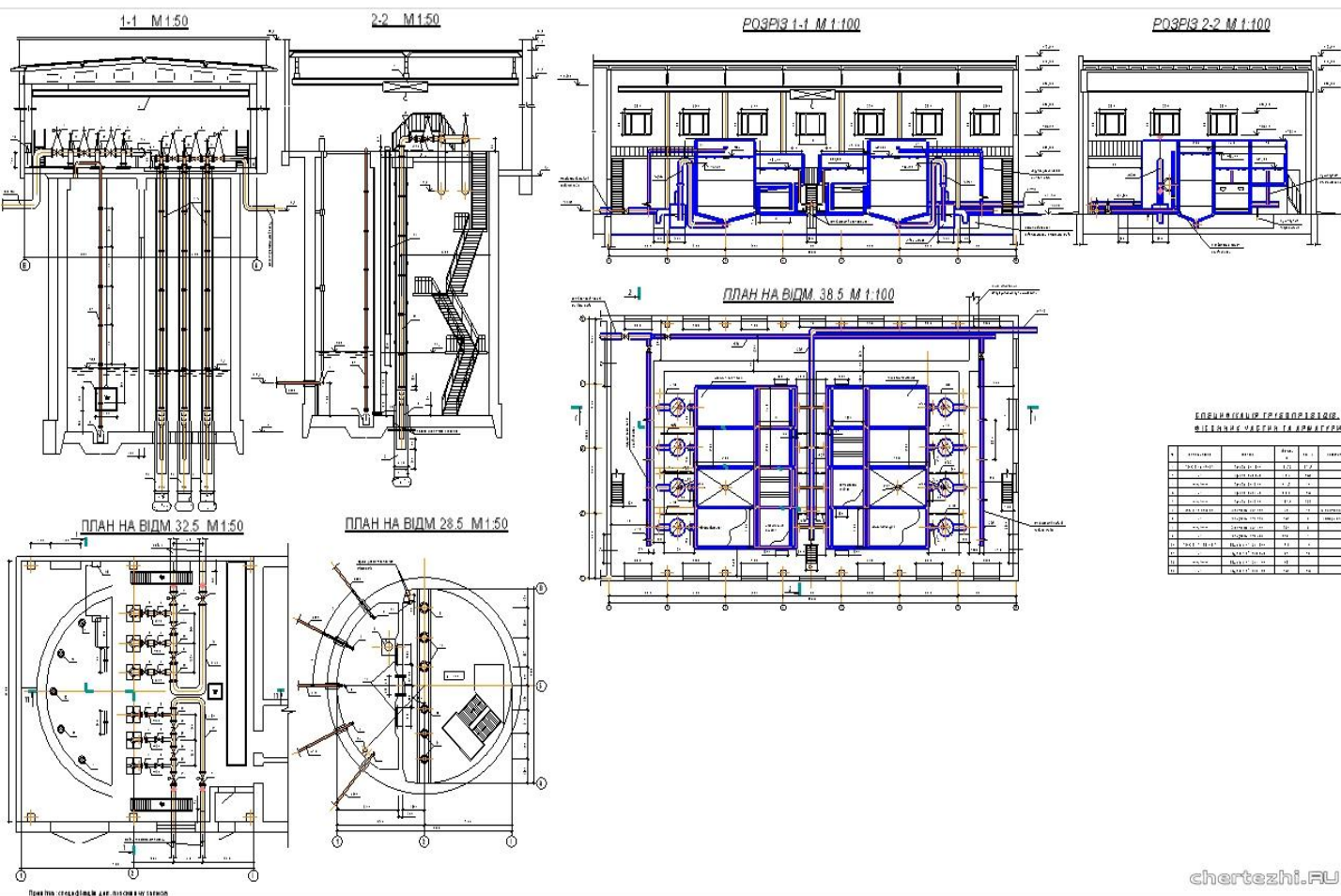
*Рис. 5.2 – Схема знаходження робочої точки системи «насос – трубопровід»*

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке подібність насосів? Чого вона вимагає?
2. Дайте визначення коефіцієнта швидкохідності та поясніть його значення.
3. Як зміна частоти обертання робочого колеса відцентрового насоса впливає на його головні характеристики?
4. Як зміна діаметра робочого колеса відцентрового насоса впливає на його головні характеристики?
5. Як визначити робочу точку системи «насос – трубопровід»?

## Тема 6. Особливості проектування насосних станцій 1 підйому з підземних джерел

1. Загальна схема водозабірної споруди першого підйому.
2. Режим роботи, визначення подачі та напору.
3. Приклади насосних станцій (установок) першого підйому на підземних джерелах.



**Задача 1.** Визначити коефіцієнт швидкохідності одноступеневого насоса з однобічним підводом рідини до робочого колеса, якщо відомо, що при швидкості обертання  $n_s$ , об./хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу  $Q$ , м<sup>3</sup>/годину при напорі  $H$ , м. вод. ст.

**Задача 2.** Визначити коефіцієнт швидкохідності семиступеневого секційного насоса з однобічним підводом рідини до робочих колес, якщо відомо, що при швидкості обертання  $n_s$ , об./хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу  $Q$ , м<sup>3</sup>/годину при напорі  $H$ , м. вод. ст.

**Задача 3.** Визначити коефіцієнт швидкохідності одноступеневого насоса з двобічним підводом рідини до робочого колеса, якщо відомо, що при швидкості обертання  $n_s$ , об./хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу  $Q$ , м<sup>3</sup>/годину при напорі  $H$ , м. вод. ст.

**Задача 4.** В процесі проектування насосної станції встановлено, що для роботи в системі потрібен насос з подачею 5600 м<sup>3</sup>/год. при напорі 68 м. вод. ст. Насоса з такими характеристиками промисловість не виробляє. Тому до установки проектується найближчий більш потужний насос. Його характеристики при частоті обертання 730 об./хв. зображено на рис. 5.5. Щоб уникнути непродуктивних витрат енергії, вирішено зменшити швидкість обертання насоса. Необхідно визначити, при якій частоті обертання характеристика  $Q - H$  насоса пройде через розрахункову точку А з координатами  $Q_A = 5600$  м<sup>3</sup>/год.;  $H_A = 68$  м. вод. ст.



## Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Визначити коефіцієнт швидкості одноступеневого насоса з однобічним підводом рідини до робочого колеса, якщо відомо, що при швидкості обертання 1450 об./хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу 200 м<sup>3</sup>/годину при напорі 20 м. вод. ст.

*Розв'язання задачі.* Підставляючи в формулу (3.1) значення подачі насоса м<sup>3</sup>/с і напору в м. вод. ст., отримуємо

$$\eta_i = 3,65 \frac{1450 \sqrt{200/3600}}{\sqrt{20}} \cong 132.$$

v < v

### Задача 4

*Розв'язання задачі.* Щоб скористатися формулами закону пропорційності, спочатку треба знайти ту єдину точку на паспортній характеристиці (Q – H), котра при зниженні частоти обертання переміститься в розрахункову точку А. Найпростіше цю точку можна знайти графічним способом. Для цього побудуємо параболу подібних режимів, яка буде проходити через точку А. Підставивши в формулу (5.19) координати точки А, отримаємо рівняння цієї параболі:

$$H = \frac{68}{5600^2} Q^2 = 0,00000216863 \cdot Q^2.$$

Задаючись довільними значеннями Q, розраховуємо за цим рівнянням координати ряду точок, через які проводимо параболу:

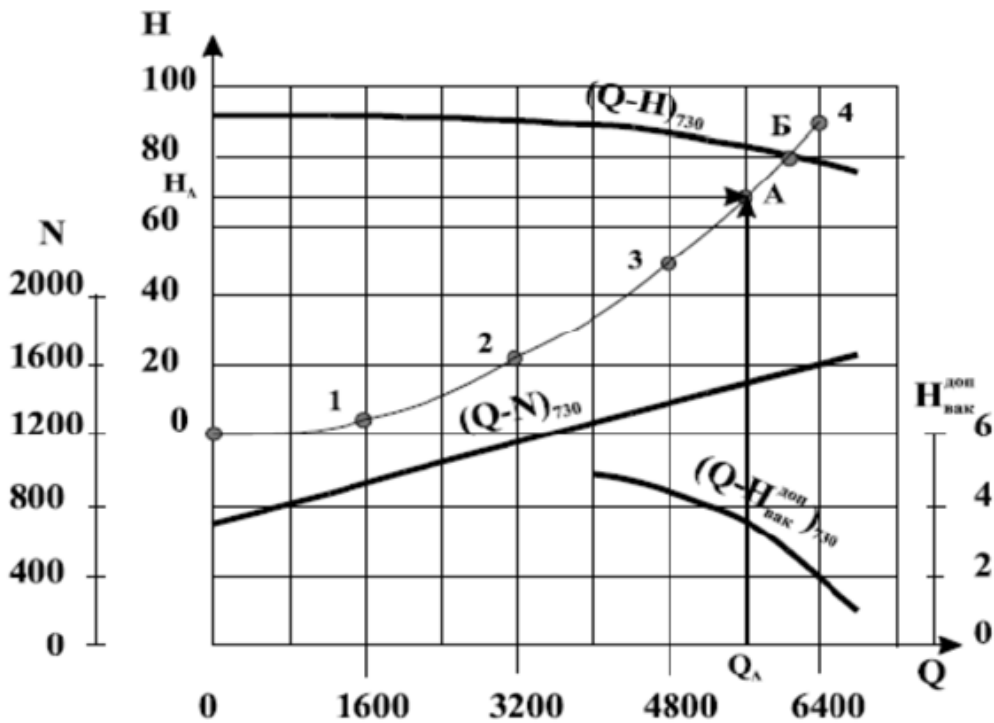


Рис. 5.5 – Схема робочої характеристики

$$Q_0 = 0; H_0 =$$

$$Q_1 = 1600;$$

$$Q_2 = 3200;$$

$$Q_3 = 4800;$$

$$Q_A = 5600;$$

$$Q_4 = 6400;$$

Перехрещення цієї параболи з паспортною характеристикою  $Q-H$  насоса дає точку Б з координатами

Перехрещення цієї параболі з паспортною характеристикою Q–H насоса дає точку Б з координатами  $Q_B = 6075$  м<sup>3</sup>/год.;  $H_B = 80$  м. вод. ст. Оскільки точка Б знаходиться на одній параболі подібних режимів з точкою А, саме вона переміститься в точку А при одній із швидкостей обертання. Знаходимо цю швидкість, підставляючи в формули пропорційності координати точок Б і А:

$$\frac{6075}{5600} = \frac{730}{n_A}; \quad n_A = \frac{5600 \cdot 730}{6075} = 672,9 \text{ об./хв.},$$

$$\frac{80}{68} = \frac{730^2}{n_A^2}; \quad n_A = 730 \sqrt{\frac{68}{80}} = 673,0 \text{ об./хв.}$$

## *Тема 7. Параметри роботи насосних станцій*

1. Головні робочі параметри.
2. Теоретичні основи розрахунку робочих параметрів.
3. Схеми обладнання свердловин.



Регулювати швидкість обертання робочого колеса насоса при постійній частоті обертання електродвигуна можна за допомогою *гідромуфти*, або *електромагнітної муфти ковзання (ЕМК)*.

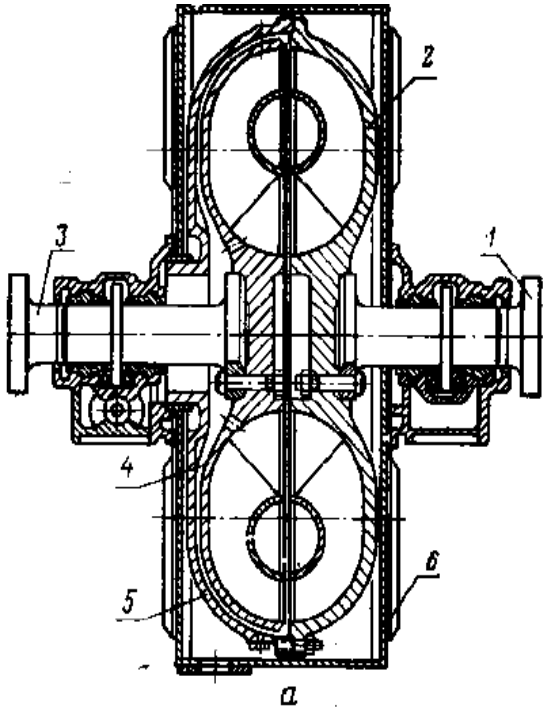


Рис. 6.2 – Схема будови гідромуфти.

1 – ведучий вал; 2 – насосне колесо гідромуфти; 3 – відний вал; 4 – турбінне колесо гідромуфти; 5 – рухомий кожух; 6 – корпус гідромуфти

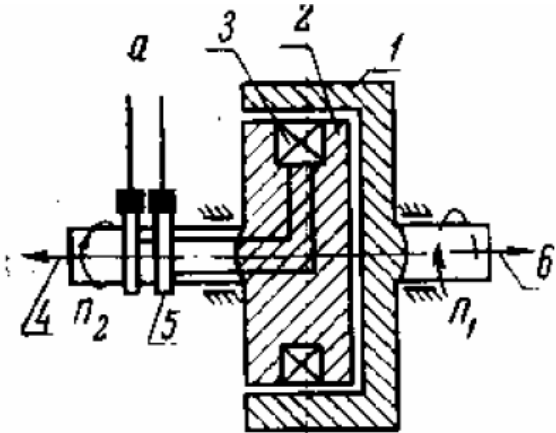


Рис. 6.3 – Схема будови ЕМК

1 – якор; 2 – індуктор; 3 – обмотка збудження; 4 – відний вал; 5 – контактні кільця; 6 – ведучий вал

# ТЕМА 7. СПІЛЬНА РОБОТА НАСОСІВ ТА ТРУБОПРОВІДІВ

## 7.1. Вплив коливання рівня води в усмоктувальному резервуарі на режим роботи насоса

подачу рідини насосом.

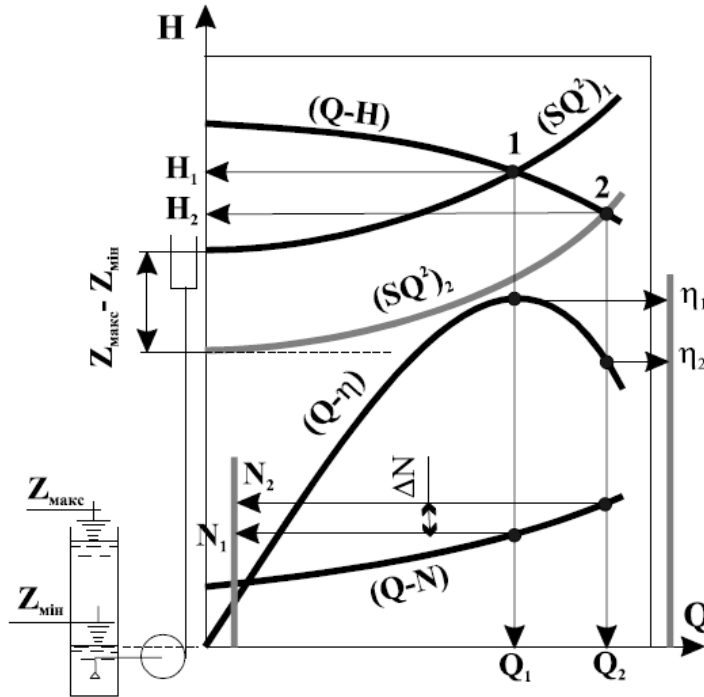


Рис. 7.1 – Схема впливу рівня води у резервуарі на характеристики насоса

## 7.2. Паралельна робота насосів

### 7.2.1. Паралельна робота різнотипних насосів

Як вихідні дані маємо характеристики кожного із насосів  $(Q - H)_1$ ;  $(Q - H)_2$ ;  $(Q - \eta)_1$ ;  $(Q - \eta)_2$ ;  $(Q - N)_1$ ;  $(Q - N)_2$  і характеристику трубопровода  $SQ^2$ .



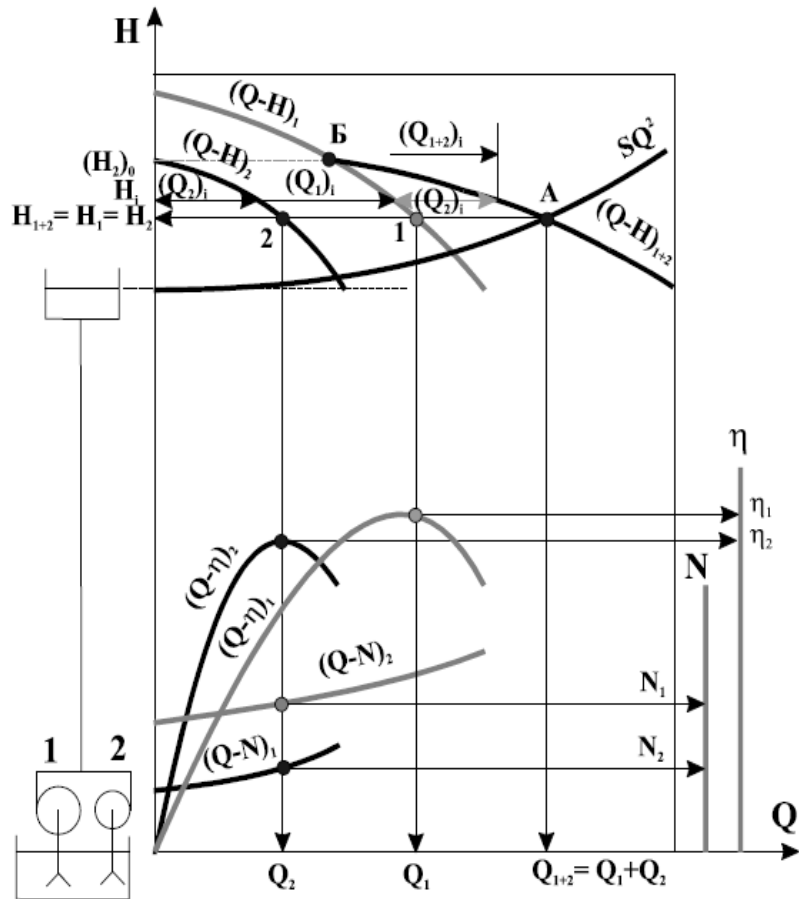


Рис. 7.2 – Схема паралельної роботи двох різнотипних насосів

$$H_1 = H_2 = H_{1+2}.$$

$$Q_{1+2} = Q_1 + Q_2.$$

## 7.2.2. Паралельна робота кількох однотипних насосів на два водоводи

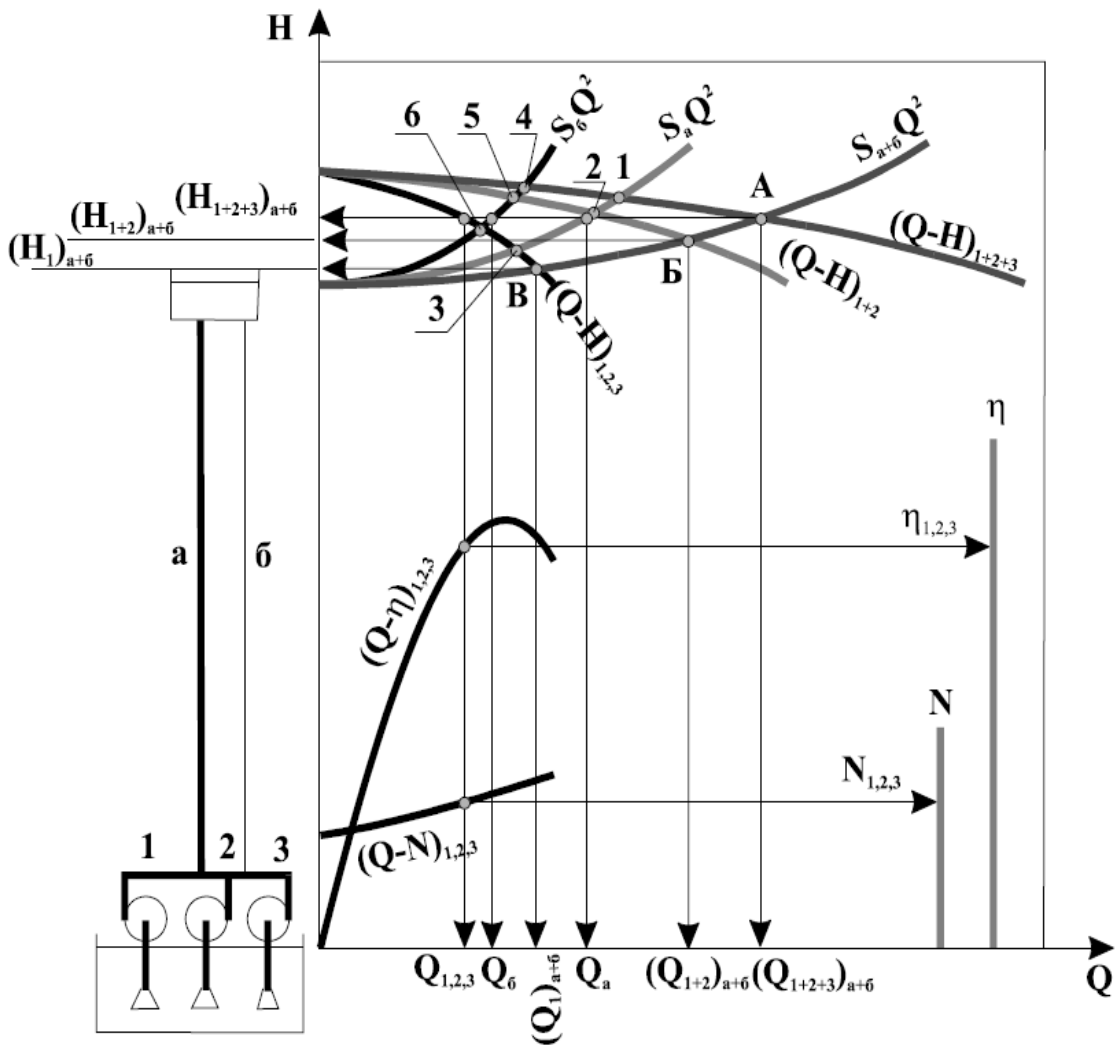


Рис. 7.3 – Схема роботи трьох однотипних насосів на два різні водоводи

Точка перехрещення сумарної характеристики водоводів і сумарної характеристики трьох насосів (точка А) є робочою точкою системи, вона визначає усі параметри роботи системи:

- $(Q_{1+2+3})_{a+b}$  – подача трьох насосів при роботі на два водоводи;
- $(H_{1+2+3})_{a+b}$  – створюваний при цьому напір;
- $Q_a$  і  $Q_b$  – витрати відповідно на водоводі *a* і на водоводі *b*,  $Q_a + Q_b = (Q_{1+2+3})_{a+b}$ ;
- $Q_{1,2,3}$  – подача кожного із насосів за їхньої паралельної роботи на два водоводи  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = (Q_{1+2+3})_{a+b}$ ;
- $N_{1,2,3}$  – потужність кожного із насосів;
- $\eta_{1,2,3}$  – коефіцієнт корисної дії кожного із насосів.

## 7.2.3. Нестійка робота насосів

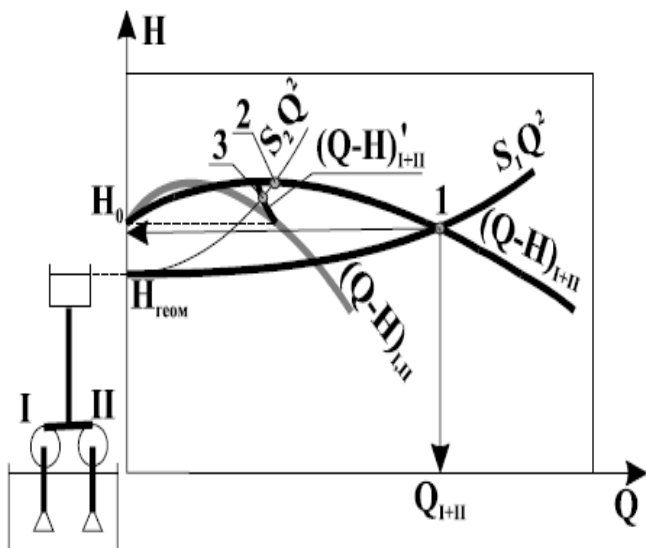
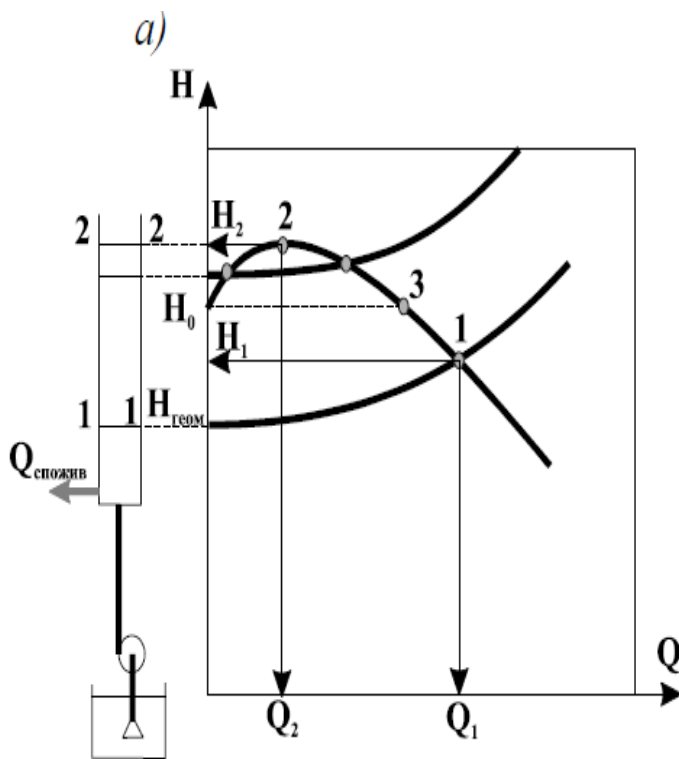


Рис. 7.4 – Нестійка робота насосів

a) – одного насоса; б) – двох насосів при паралельній роботі

### 7.3. Послідовна робота насосів

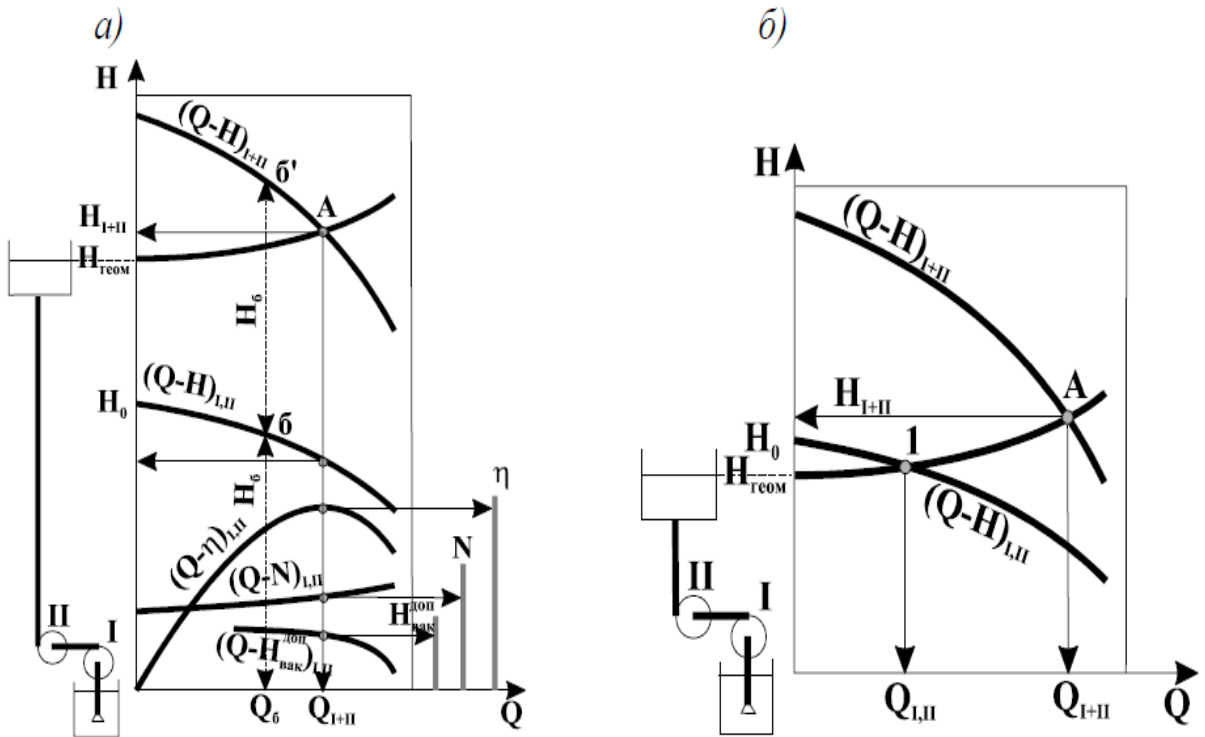


Рис. 7.6 – Послідовна робота насосів: а) – при  $H_{геом} > H_0$ ; б) – при  $H_{геом} < H_0$

## Тема 8. Насосні станції 2 підйому

1.Режими роботи і подача насосних станцій другого підйому.

2.Визначення напору насосних станцій другого підйому.

3.Протипожежні та спеціальні насоси станцій другого підйому.

1.

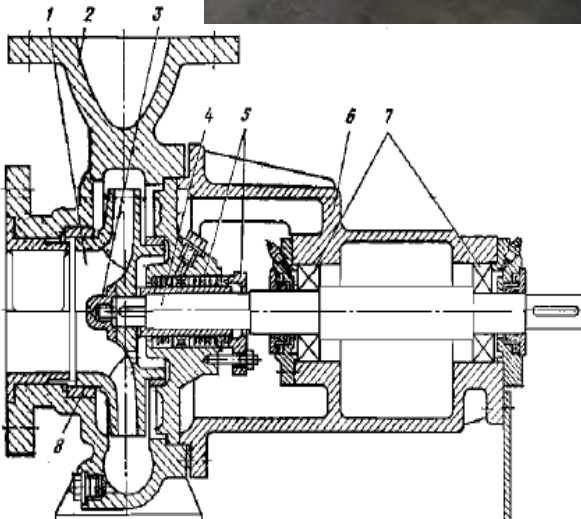


Рис. 8.1 – Конструкція насоса типу К уніфікованої серії:

1 – робоче колесо; 2 – корпус; 3 – гайка;  
4 – вал; 5 – сальник; 6 – опорний кронштейн;  
7 – підшипники;  
8 – ущільнююче кільце.

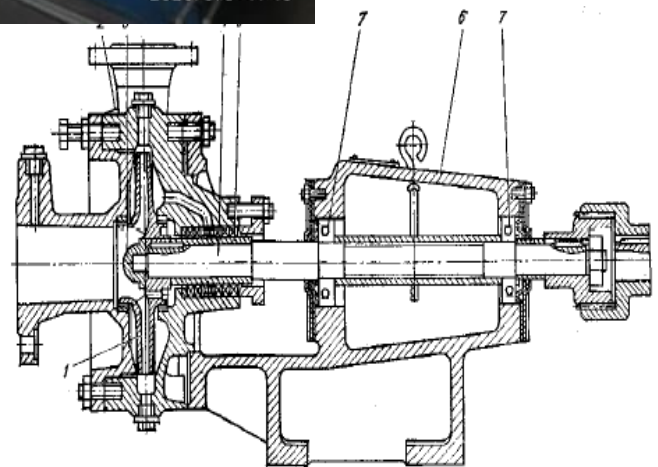
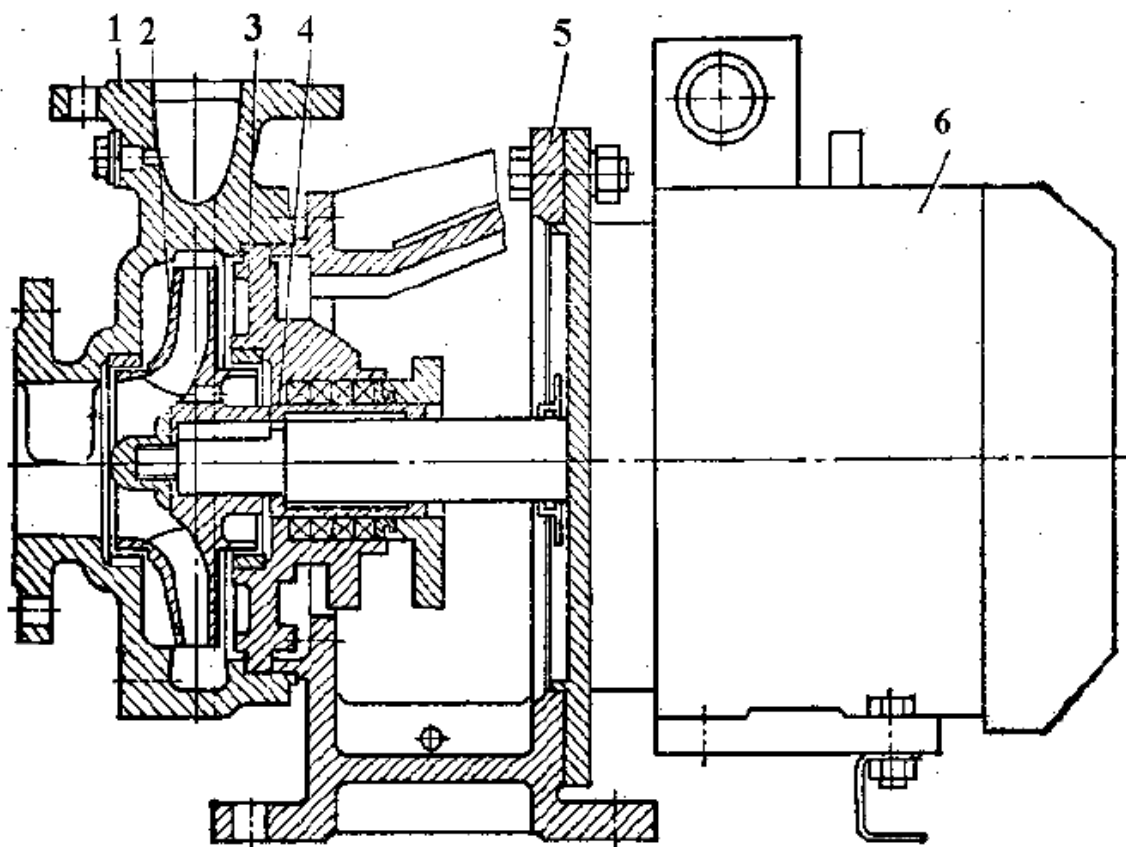


Рис. 8.2 – Конструкція насоса К «старого типу»

1 – робоче колесо; 2 – корпус; 3 – гайка;  
4 – вал; 5 – сальник; 6 – опорний кронштейн;  
7 – підшипники



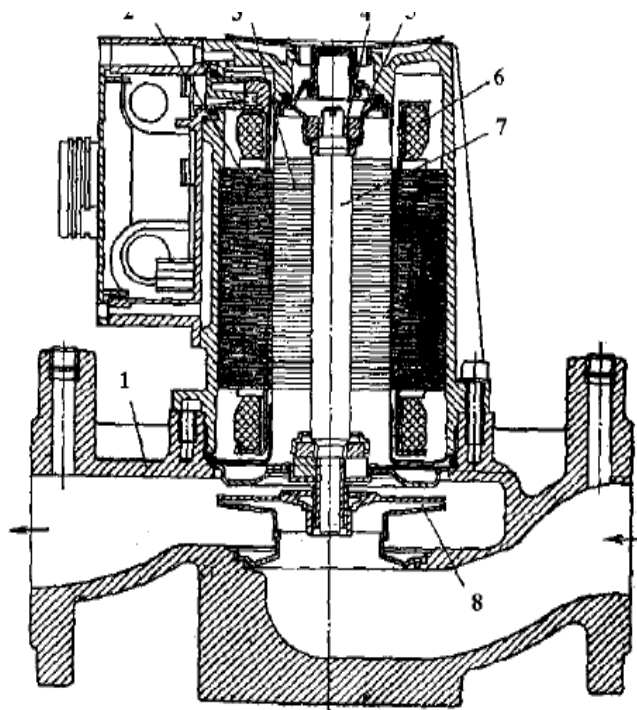
*Рис. 8.3 – Моноблочный насос типу КМ:*

*1 – корпус; 2 – рабочее колесо; 3 – крышка; 4 – втулка сальника;  
5 – опорный фланец; 6 – электродвигун.*

КМ 45/55

ЗК-6



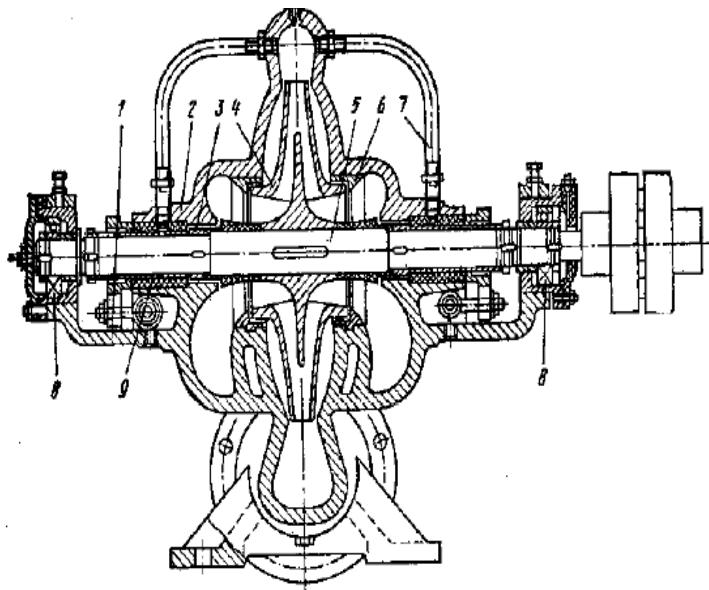


*Рис. 8.4 – Безопорний насос фірми «Грундфос Віло»:  
1 – корпус; 2 – герметизуючий екран; 3 – ротор; 4 – втулка валу;  
5 – підшипник; 6 – статор; 7 – вал; 8 – робоче колесо.*

2. Промисловість випускає одноступеневі відцентрові насоси двобічного входу типу Д з подачами 200 – 12500 м<sup>3</sup>/год. і напорами 12 – 130 м вод. ст.

Д 6300/80 – УЗ

СЭ 1250-70-11



*Рис. 8.5 – Насос типу Д з двобічним підводом води до робочого колеса.  
1 – корпус; 2 – кришка; 3 – захисна втулка; 4 – робоче колесо; 5 – вал; 6 – ущільнююче кільце; 7 – трубка для підведення води до сальника; 8 – підшипник; 9 – сальник*

3.

Насоси типу В виготовляються багатьох типорозмірів з подачами 1,0 – 25 м<sup>3</sup> і напорами 22 – 110 м вод. ст. Насоси 600 В – 1,6/100 і 800 В – 2,5 виготовляються серійно, а більші – за індивідуальним замовленням.

1000В–4/40–УЗ

1000В–4/40–УЗ

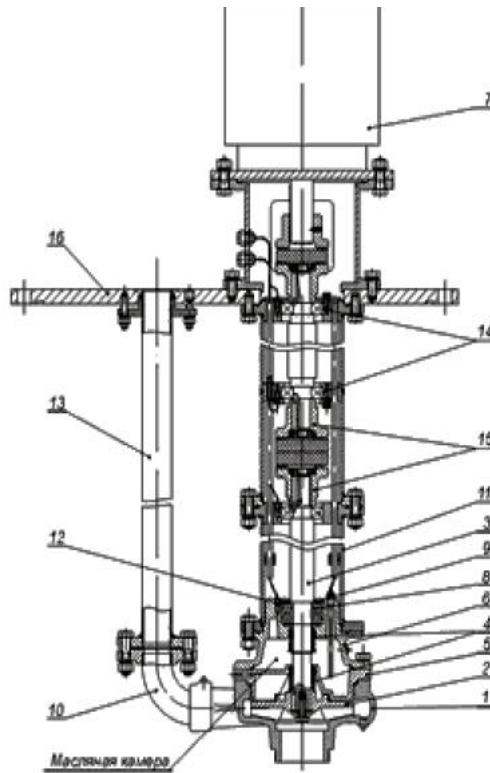


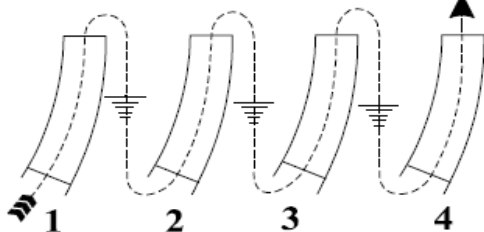
Рис 8.6 – Насос вертикальний

1 – корпус насосу, 2 – крильчатка, 3 – вал, 4 – торцеве ущільнення, 5 – корпус ущільнення, 6 – електродвигун, 7 – підшипник дворядний, 8 – поплавковий датчик витоків, 9 – датчик температури, 10 – підвіска, 11 – відвід, 12 – підшипник, 13 – муфта, 14 – опорна плита, 15 – фільтр, 16 – опора двигуна, 17 – фланець під приварювання

4.

### ЦНС180-212 (6МС-7□5)

а)



б)

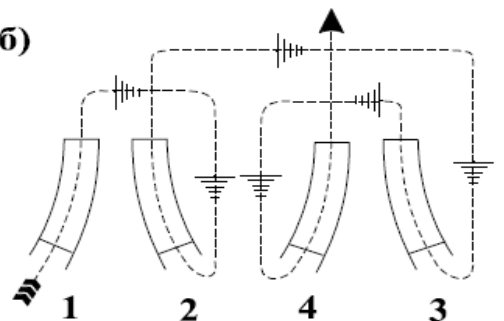


Рис. 8.7 – Схеми руху рідини в багаторуєневих насосах:  
а) – в насосах типу ЦНС; б) – в насосах типу ЦН.

## ЦНС180-212 (6МС-7□5)

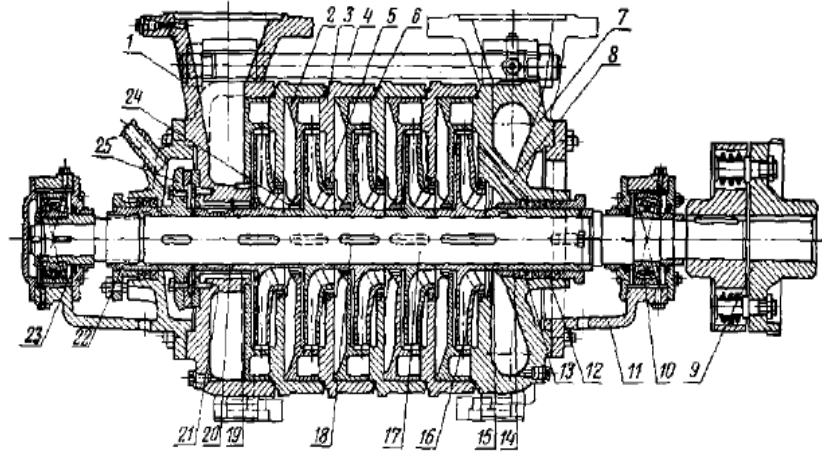
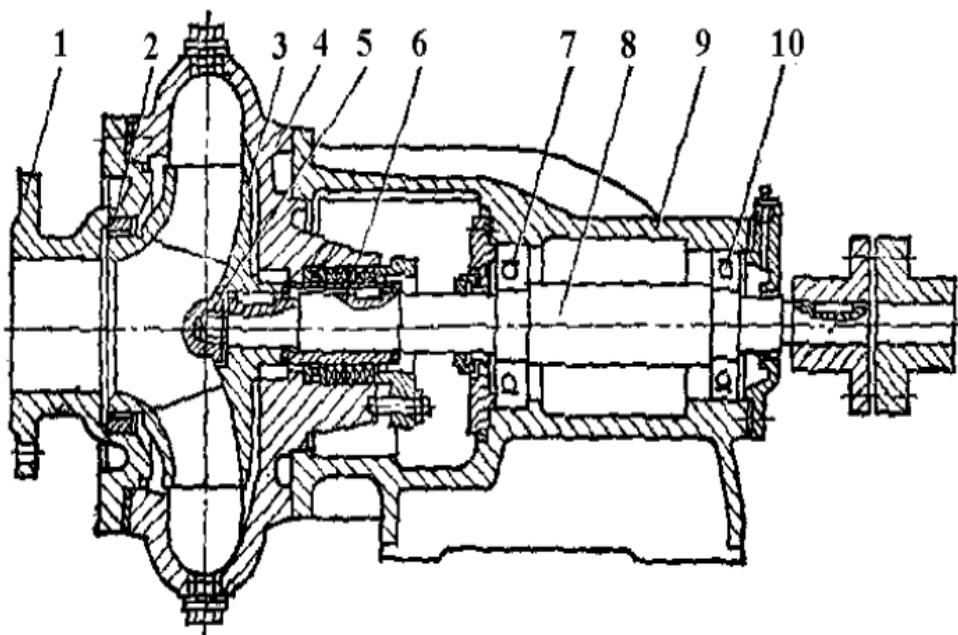


Рис. 8.8 – Розріз багатоступеневого насоса типу ЦНС:

1 – напірна кришка з вихідним патрубком; 2 – спрямовуючий апарат; 3 – корпус секції;  
4 – штилька; 5 – захисне ущільнююче кільце; 6 – гумовий шнур; 7 – входна кришка з входним патрубком; 8 – канал в кришці для гідравлічного ущільнення сальника; 9 – муфта;  
10 – радіальний роликопідшипник; 11 – кронштейн; 12 – сальник; 13 – кільце гідравлічного ущільнення; 14 – ґрундбукса; 15 – захисна втулка; 16 – робоче колесо; 17 – вал; 18 – шпонка;  
19 – щілина підведення води до гідравлічної п'яти; 20 – дистанційна втулка; 21 – втулка розвантаження; 22 – гайка-втулка; 23 – ущільнення в кришці підшипника; 24 – захисне ущільнююче кільце; 25 – гідравлічна автоматична п'ята

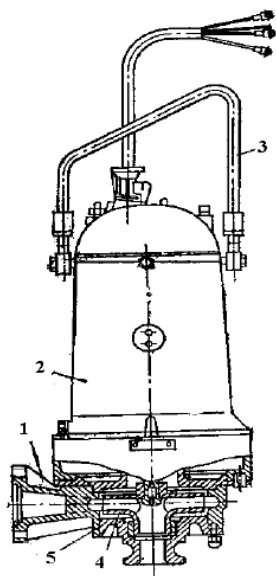
5.

- СД – динамічні, для стічних рідин, горизонтальні;
- СДВ – динамічні, для стічних вод, вертикальні;
- СМ – стічно-масні;
- СМС – стічно-масні з вільновихровим колесом;
- ЦМК – відцентрові моноблочні каналізаційні (занурювальні);
- ЭЦК – електронасоси відцентрові каналізаційні (занурювальні);
- ЦМФ – відцентрові моноблочні фекальні (занурювальні);
- ГНОМ – для брудної води, насоси одноступеневі моноблочні (занурювальні).

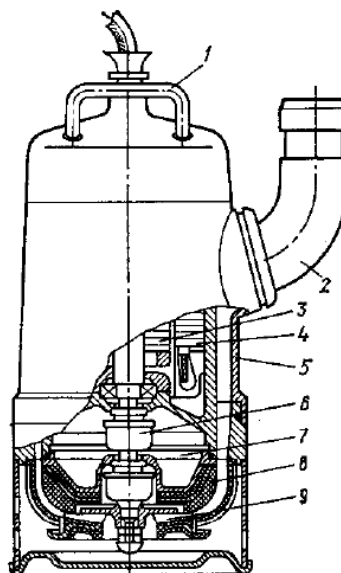


*Рис. 8.10 – Розріз каналізаційного насоса типу СД:*

*1 – вхідний патрубок; 2 – захисне ущільнююче кільце; 3 – робоче колесо; 4 – корпус;  
5 – гайка; 6 – сальник; 7, 10 – підшипники; 8 – вал; 9 – опорний кронштейн*



*Рис. 8.11 – Занурювальний насос  
ЦМК: 1 – напірний патрубок; 2 –  
електродвигун; 3 – ручка; 4 – робоче  
колесо; 5 – корпус*



*Рис. 8.12 – Занурювальний насос  
ГНОМ: 1 – ручка; 2 – напірний патрубок;  
3 – ротор; 4 – статор електродвигуна;  
5 – корпус насоса; 6 – торцьове ущільнення;  
7 – камера розділення; 8 – прогумований  
відвід; 9 – робоче колесо.*



Грунтові насоси випускаються однокорпусними – типів ГрК і ГрАК (рис. 8.13), або двокорпусними – типів ГрТ і ГрАТ (рис. 8.14).

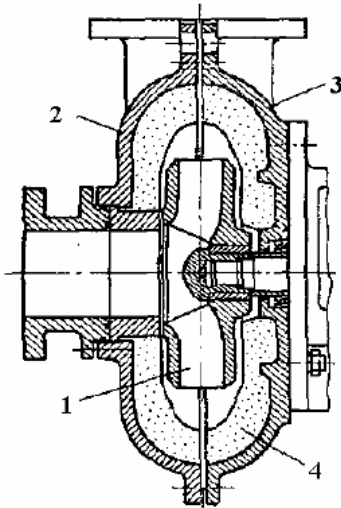


Рис. 8.13 – Однокорпусний ґрунтовий насос: 1 – робоче колесо; 2 – передня половина корпусу; 3 – задня половина корпусу; 4 – корундова футеровка

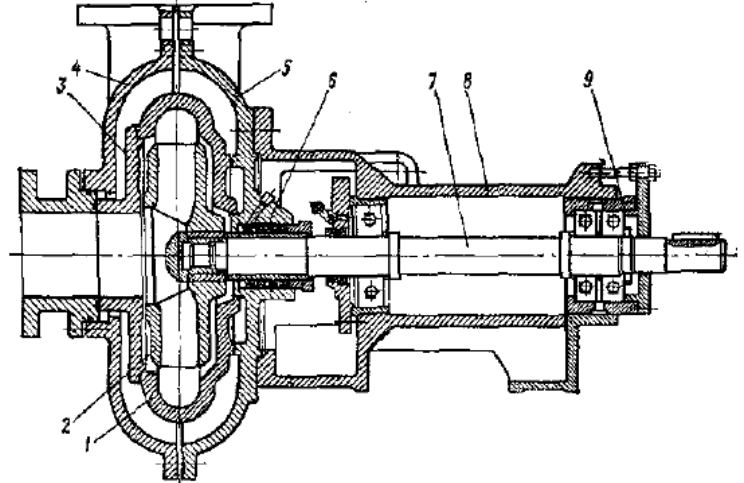


Рис. 8.14 – Двокорпусний ґрунтовий насос: 1 – внутрішній корпус; 2 – робоче колесо; 3 – захисний диск; 4 – передня половина корпусу; 5 – задня половина корпусу; 6 – сальник; 7 – вал; 8 – опорний кронштейн; 9 – стакан для регулювання осевого переміщення

**Піскові насоси** призначені для транспортування продуктів збагачення руд і глиноземного виробництва, піскових та інших абразивних гідросумішей.

Випускають горизонтальні й вертикальні піскові насоси. До горизонтальних відносяться насоси таких типів: П – з осьовим входом; ПБ – з бічним входом; ПК – з осьовим входом. Деталі проточної частини цих насосів

До вертикальних належать насоси таких типів:

- ПВП – пісковий, вертикальний, занурювальний («погружной») з осьовим входом;
- ПКВП – пісковий, вертикальний, занурювальний. У цих насосах деталі проточної частини футеровані стійким матеріалом на органічній основі;
- ПРВП – насос, аналогічний попередньому, тільки деталі проточної частини вкриті гумою, поліуретаном або стійким металом.

7.

- АХ – відцентрові абразивно-хімічні консольні;
- АХО – абразивно-хімічні з підігрівом («обогреваемые»);
- АХП – абразивно-хімічні занурювальні («погружные»);
- АХПО – абразивно-хімічні занурювальні з підігрівом;
- ДХ і ХД – відцентрові насоси, хімічні, горизонтальні з двобічним входом

у робоче колесо;

- ТХ – відцентрові насоси хімічні, горизонтальні, консольні;

- ТХИ – відцентрові хімічні занурювальні насоси;
- Х – відцентрові хімічні консольні насоси;
- ХБ – відцентрові хімічні багатоступеневі насоси;
- ХВС – відцентрові хімічні вертикальні консольні самоусмоктувальні насоси;
- ХИ – відцентрові хімічні вертикальні занурювальні насоси;
- ХМ – відцентрові хімічні моноблочні насоси;
- ХО – відцентрові хімічні консольні насоси з підігрівом;
- ХП – відцентрові хімічні занурювальні насоси;
- ХРО – відцентрові хімічні насоси з підвищеним тиском на вході і з

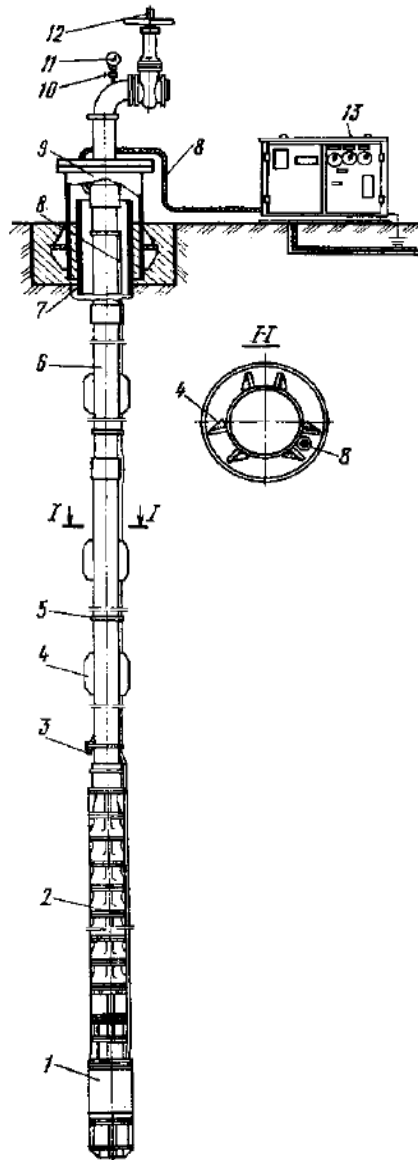
охолодженням;

- ЦГ – відцентрові герметичні вибухозахищені насоси;

• АСВН – агрегат самоусмоктувальний вихровий одноступеневий горизонтальний;

• АСЦД – агрегат самоусмоктувальний відцентрово-вихровий двоступеневий горизонтальний.





*Рис. 8.15 – Схема установки насоса ЕЦВ:*

*1 – електродвигун; 2 – насос; 3 – датчик сухого ходу; 4 – центруюча втулка; 5 – хомут для кріплення кабеля; 6 – водопідйомна труба; 7 – обсадна труба; 8 – електрокабель; 9 – оголовок свердловини; 10 – триходовий кран; 11 – манометр; 12 – засувка; 13 – шкаф системи управління та автоматики*

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які види консольних насосів ви знаєте? Наведіть схеми консольних відцентрових насосів, дайте пояснення до них.
2. Наведіть схему горизонтального насосу двобічного входу, дайте пояснення не неї.
3. Які види вертикальних насосів ви знаєте? Наведіть схему вертикального відцентрового насосу, дайте пояснення до неї.
4. З якою метою використовують багатоступеневі горизонтальні насоси? Наведіть їх конструкції.
5. Назвіть основні типи насосів для стічних вод. Наведіть конструкцію каналізаційного насосу типу СД.
6. Наведіть конструкції занурювальних насосів типу ЦМК та ГНОМ.
7. Для чого призначені ґрунтові, піскові та шламіві насоси?
8. Охарактеризуйте насоси для хімічно активних рідин, галузь їх застосування.
9. Назвіть галузь застосування свердловинних насосів, їх типи. Наведіть схему насосного агрегата ЕЦВ. Для чого він призначений?

## Тема 9. Будівлі водопровідних насосних станцій

1. Загальні вимоги до будівель насосних станцій.
2. Основні типи будівель насосних станцій.
3. Підземна частина будівель насосних станцій.
4. Верхня частина будівель насосних станцій.



К – з камерним підводом рідини;  
МК – малогабаритний з камерним підводом;  
ЕГ – з електрогідроприводом механізму повороту лопастей;  
МБК – моноблочний з камерним підводом;

Е – з електроприводом механізму повороту лопаток;

МБ – моноблочний;

КЕ – з камерним підводом і електроприводом розвороту лопаток;

МЕ – малогабаритний з електроприводом розвороту лопаток;

МКЕ – малогабаритний з камерним підводом і електроприводом механізму розвороту лопаток.

– 0 – з жорстко закріпленими (нерухожими) лопатками;

– ОП – з поворотними лопатками робочого колеса.

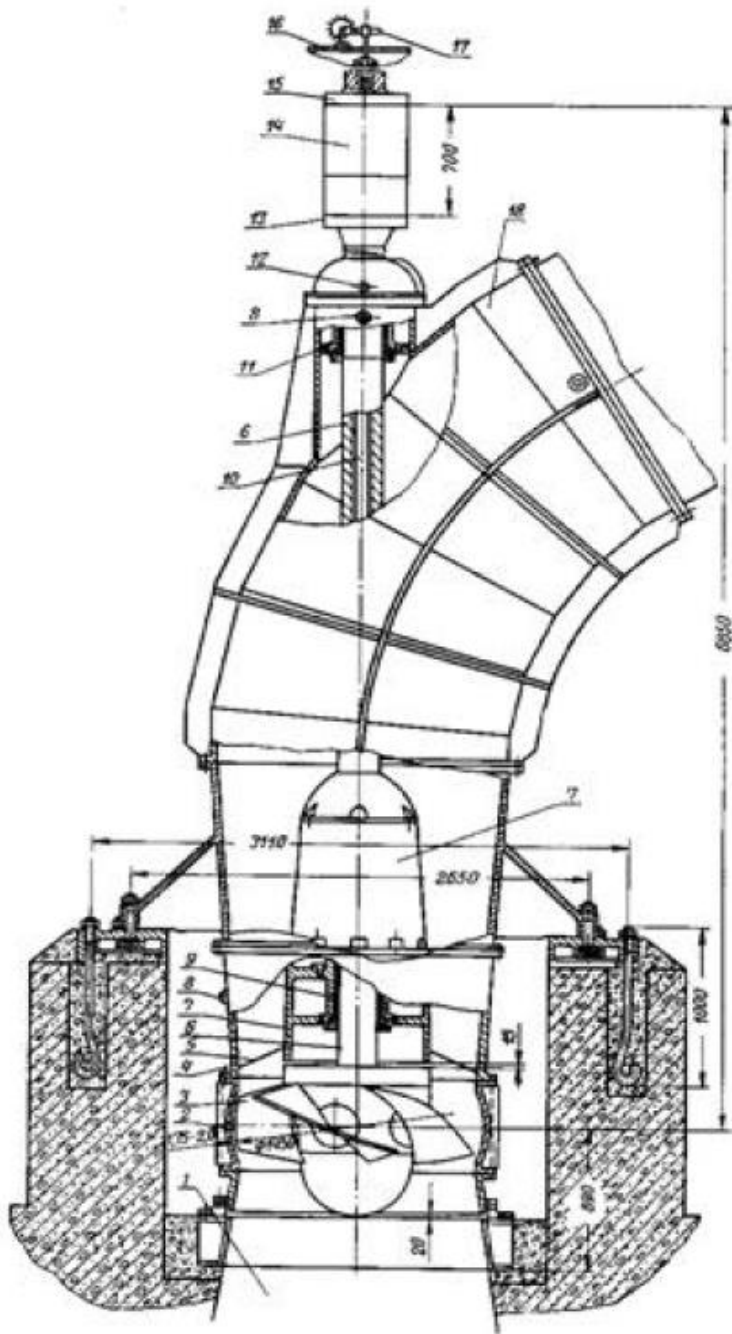


Рис. 9.2 – Насос ОП-145Е з електроприводом розвороту лопастей  
 1 – підведення води; 2 – робоча камера; 3 – робоче колесо; 4 – конус; 5 – вирівнюючий апарат; 6 – вал; 7 – обтікач; 8 – труба подачі води до підшипників; 9, 11 – нижній і верхній підшипники; 10 – шток; 12 – труба відведення дренажної води; 13 – фланець вала насоса;  
 14 – корпус електроприводу розвороту лопатей; 15 – фланець електродвигуна; 16 – кришка електродвигуна; 17 – селсин датчик; 18 – відвідне коліно насоса

# Занурювальні моноблочні осьові насоси

ОПВ і ОМПВ.

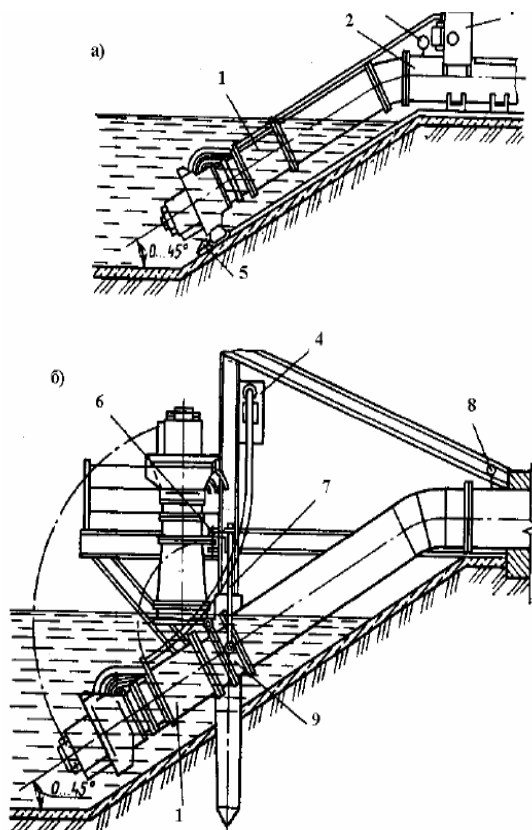


Рис. 9.3 – Схеми відкритої установки насосів типу ОПВ: а) на полозках; б) на шарнірі; 1 – насос; 2 – напірний трубопровід; 3, 8 – манометри; 4 – станція керування; 5 – обмежувач на полозках; 6 – захват; 7 – тяги; 9 – шарнір

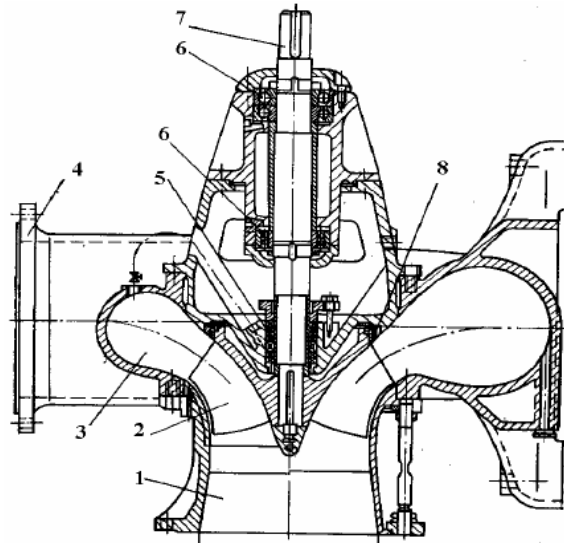
1) Характеристика  $Q - H$  круто падає і має точку перегину (тобто точку, де змінюється напрям випуклості кривої). Напір при нульовій подачі в півтора – два рази перевищує напір при максимальному к. к. д.

2) Характеристика  $Q - N$  із збільшенням подачі насоса знижується. Потужність, яку споживає насос при нульовій подачі приблизно в півтора рази більша за потужність при максимальному к. к. д.

3) Характеристика  $Q - \eta$  круто падає по обидва боки від максимального значення. Тому корисна зона роботи насоса відносно невелика.

4) Висота усмоктування здебільшого негативна. Тому осьові насоси слід встановлювати під залив.

## 9.1. Діагональні насоси



*Рис. 9.4 – Конструкція діагонального насоса*

*1 – усмоктувальний патрубок; 2 – робоче колесо; 3 – спіральний корпус; 4 – напірний патрубок; 5 – сальник з гідравлічним ущільненням; 6 – підшипники; 7 – вал; 8 – захисні ущільнюючі кільця*

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які насоси називають осьовими? Наведіть особливості їхньої роботи.
2. Які типи осьових насосів випускає промисловість? Наведіть схему будови насосу ОП-145Е.
3. Наведіть схеми будови занурювальних моноблочних осьових насосів. Поясніть принцип їхньої роботи.
4. Наведіть схему будови діагонального насоса. Поясніть принцип його роботи.



## Тема 10. Обладнання насосних станцій

- 1.Склад обладнання насосних станцій.
- 2.Основне обладнання насосних станцій. Трубопровідна арматура, труби та фасонні частини.
- 3.Вантажопідйомне обладнання.
- 4.Системи заливки насосів.
- 5.Системи технічного водопостачання насосних станцій.
- 6.Дренажні та протипожежні насосні установки. Системи осушення та видалення осаду з водоприймальних камер.
- 7.Контрольно-вимірювальна апаратура насосних станцій.

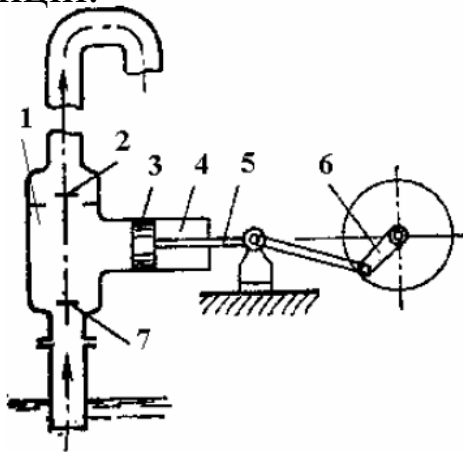


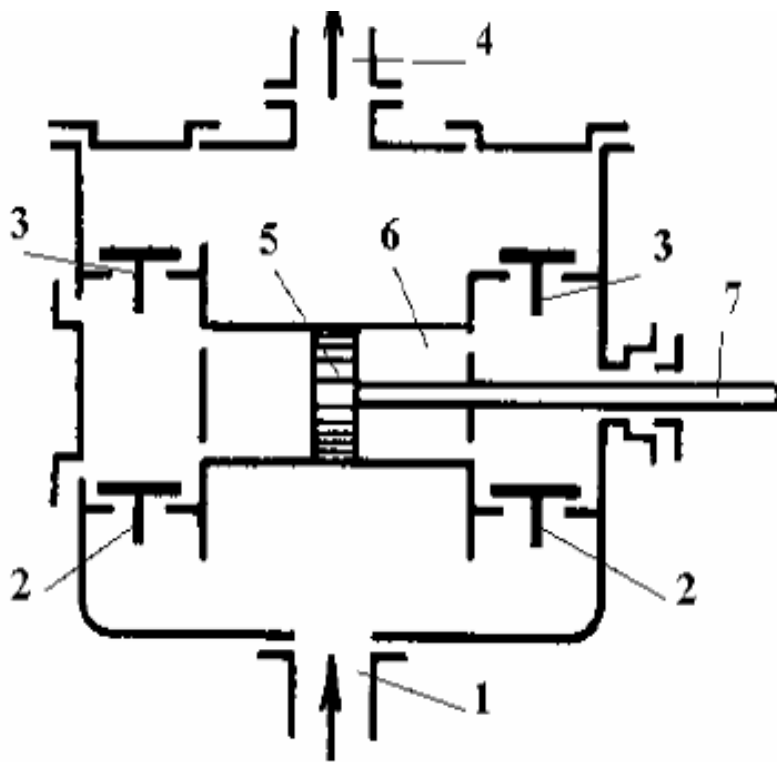
Рис. 10.1 – Схема будови поршневого насоса одnobічної дії:

1 – робоча камера; 2 – нагрітий клапан; 3 – поршень; 4 – циліндр; 5 – шток;  
6 – кривошип; 7 – усмоктувальний клапан

2

$$(F - f) S,$$

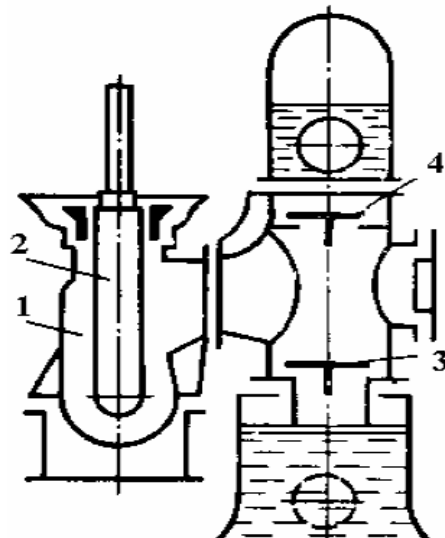
де:  $F$  – площа поршня,  $f$  – площа плунжера.



*Рис. 10.2 – Схема будови поршневого насоса двобічної дії:*

*1 – усмоктувальний трубопровід; 2 – усмоктувальні клапани; 3 – напірні клапани;  
4 – напірний трубопровід; 5 – поршень; 6 – циліндр; 7 – шток*

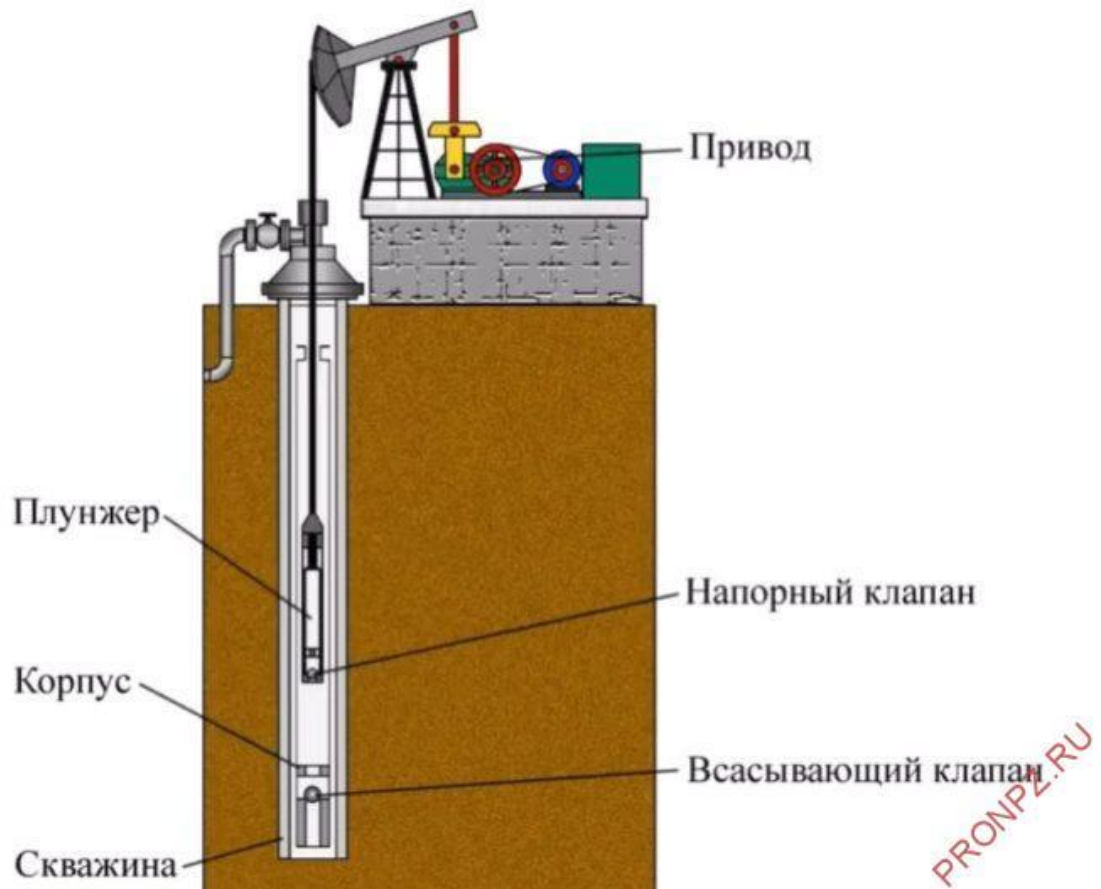
*Матеріал корпусу насоса – чавун; матеріал циліндра – сталевий сплав; матеріал штовка – сталевий сплав*



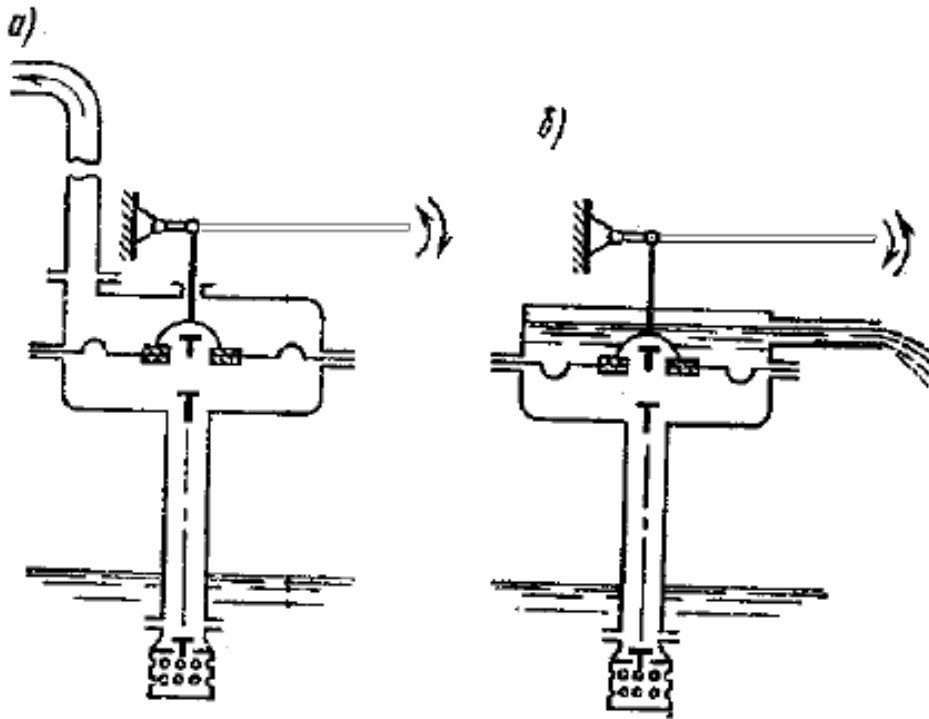
*Рис. 10.3 – Схема плунжерного насоса:*

*1 – робоча камера; 2 – плунжер; 3 – усмоктувальний клапан; 4 – напірний клапан*

# Штанговый насос

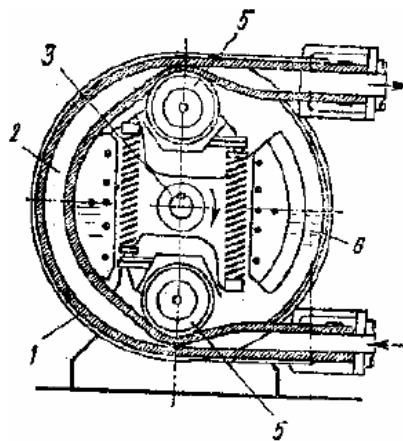


3

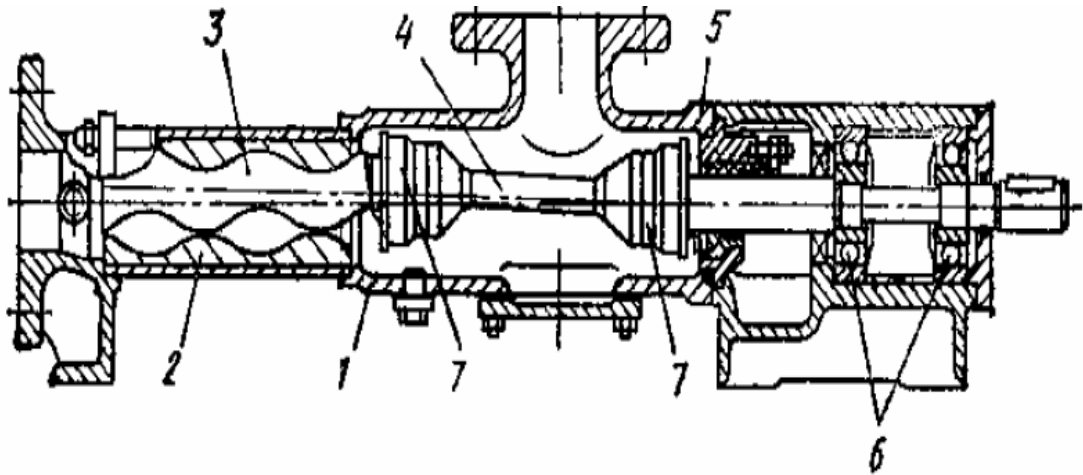


*Рис. 10.4 – Схеми діафрагмових насосів.*

4



*Рис. 10.5 – Схеми шлангового насоса*



*Рис. 10.6 – Конструкція одногвинтового насоса*

*1 – корпус; 2 – обойма; 3 – гвинт; 4 – карданний вал; 5 – кронштейн; 6 – підшипники;  
7 – шарнірні з'єднання*

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які насоси належать до об'ємних? Наведіть схему та принцип роботи поршневих та плунжерних насосів.
2. Дайте характеристику штангових та діафрагмових насосів.
3. Наведіть схему та принцип роботи шлангових насосів.
4. Наведіть схему та принцип роботи гвинтових насосів.

# Практичне заняття

## Особливості роботи осьових насосів

### Питання для повторення

1. Принцип дії осьових насосів.

2. Чим відрізняються жорстколопатеві від поворотно-лопатевих осьових насосів?

3. Особливості коефіцієнта питомої швидкохідності та переваги осьових насосів.

### Умови задач

1. По зведеному графіку підібрати осьовий насос, який може забезпечити напір  $H$  і подачу  $Q$  згідно з даними табл. 1.

2. Осьовий насос має зовнішній діаметр лопатей  $D$ , діаметр втулки  $d$ , кути лопатей на вході  $\beta_1$ , на виході  $\beta_2$ . При кутовій швидкості  $\omega$  і об'ємному ККД  $\eta_o$  насос забезпечує подачу води  $Q$ . Визначити теоретичний напір.

3. Провести орієнтирний підрахунок напору  $H$ , який розвиває осьовий насос при коефіцієнті швидкохідності  $n_s$ , а окружна швидкість на зовнішньому діаметрі робочого колеса  $u$ .

4. Визначити зовнішній діаметр робочого колеса за допомогою емпіричної формули, якщо  $K = 5$ , подача насосу дорівнює  $Q$ , а частота обертання  $n$ .

5. Визначити теоретичну подачу осьового насоса, якщо зовнішній діаметр робочого колеса  $D$  розраховано у попередній задачі, діаметр втулки  $d = 0.5D$ , а коефіцієнт швидкості  $K_c$ , а напір  $H$ .

6. Визначити середню геометричну відносну швидкість  $\omega_{cp}$  потоку, якщо відомі  $\omega_{1u}$ ,  $\omega_{2u}$ ,  $v_z$  (рис. 1).



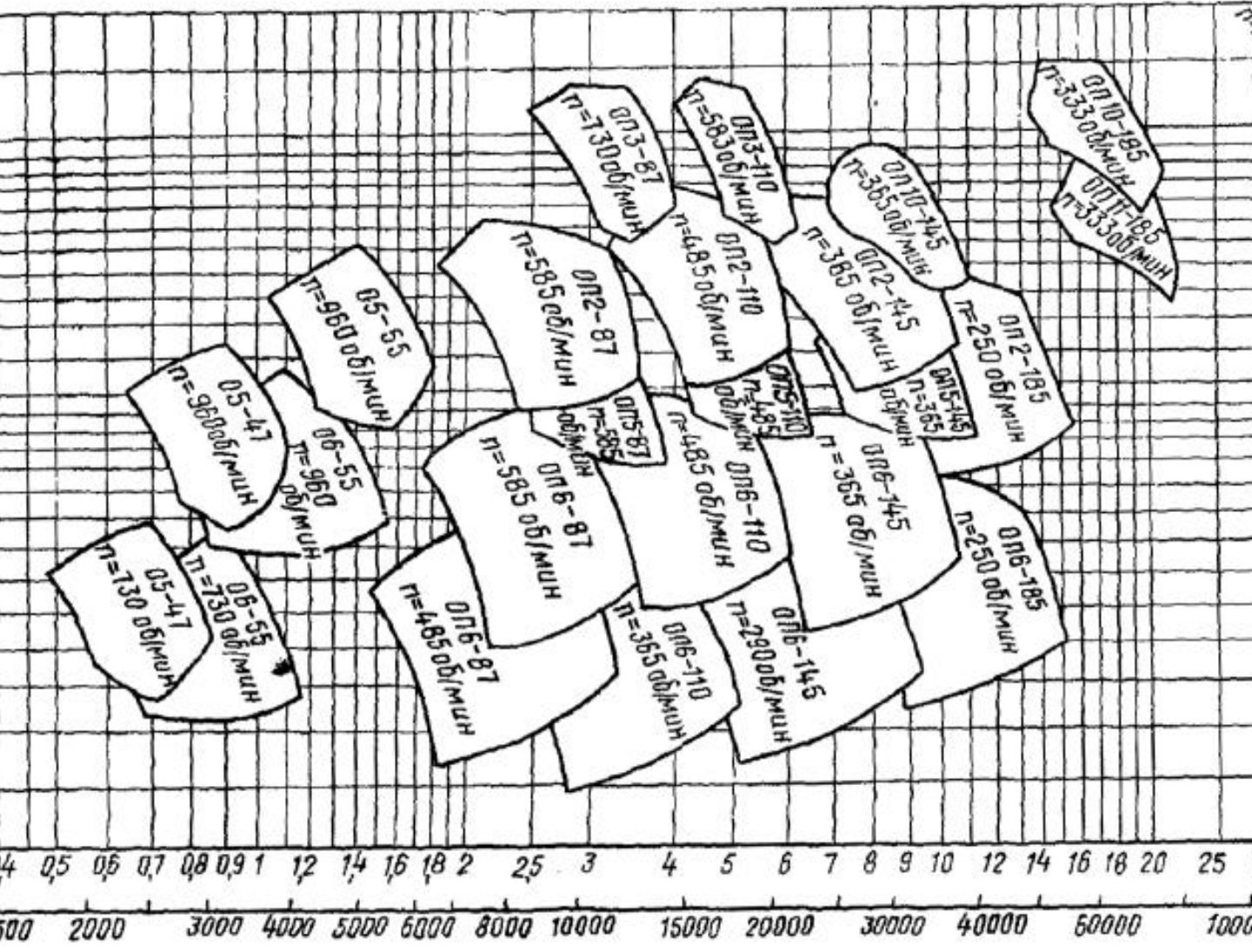
Таблиця 1 – Завдання до задачі 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q, л/с	13700	2500	4800	5100	34800	19000	16000	8500	10000	12000	600	1000	2000
H, м	5	9	22	6	18	15	23	18	9	11	5	3,5	4

Варіант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Q, л/с	3000	5000	1400	1400	20900	6000	8000	3000	7400	19800	30000	700
H, м	2,7	4,5	6	10	5	9	7	8	14	15	25	9

Таблиця 2 – Вихідні дані до задач 2-7

Варіант	n, об/хв	D, мм		d, мм	$\beta_1$ , град	$\beta_2$ , град	$\omega$ , с <sup>-1</sup>	$\eta_0$	Q, м <sup>3</sup> /год	$n_p$	u, м/с	Kc	$\omega_{10}$	$\omega_{20}$	Vz
1	250	330	0,64	211	12	28	7	0,91	3560	1150	22	2,3	9,8	8	6,7
2	585	435	0,59	257	10	30	12	0,9	2560	1100	30	2,2	14	10,5	8,9
3	583	270	0,48	130	10	28	12	0,89	2260	800	23	1,8	7,7	6,5	5,6
4	485	390	0,51	199	19	33	13	0,92	3560	1200	22	2,4	6,3	5,6	4,4
5	250	385	0,48	185	11	36	5	0,91	2660	1300	18	2,6	14	10,2	9,4
6	333	110	0,47	52	16	27	11	0,89	3460	1000	25	2	20,7	14,7	14
7	333	115	0,64	74	13	25	7	0,9	4560	650	15	1,3	10,5	8,6	7,4
8	365	130	0,45	59	11	29	14	0,92	4060	1050	30	2,1	13,7	10,6	9,5
9	365	410	0,59	242	14	26	8	0,89	2760	1450	33	2,9	8,1	6,5	5,1
10	250	390	0,45	176	10	31	5	0,92	4360	1000	30	2	11	8,6	7,6
11	730	230	0,55	127	17	34	6	0,89	2860	750	36	1,5	11,3	8,5	7,4
12	730	395	0,56	221	13	33	15	0,9	4660	900	33	1,8	13,2	11,6	9,3
13	485	425	0,6	255	15	26	11	0,91	2660	1000	24	2	18,5	14,7	12,8
14	365	165	0,52	86	14	28	11	0,9	2660	750	28	1,5	6,9	5,4	4,7
15	290	220	0,58	128	17	31	7	0,89	4960	900	20	1,8	7,1	5,1	4,3
16	960	405	0,57	231	13	28	15	0,88	3160	950	18	1,9	17,2	13,3	10,7
17	960	365	0,6	219	11	34	13	0,88	4760	1150	31	2,3	5,9	5,1	4,3
18	583	460	0,55	253	17	39	7	0,92	2560	950	35	1,9	16,4	11,2	9,8
19	485	345	0,53	183	11	26	10	0,89	2160	1200	36	2,4	13,8	10	8,8
20	365	385	0,64	246	16	27	14	0,91	4060	600	28	1,2	15,9	12,7	10,4
21	585	435	0,53	231	10	27	15	0,92	3660	800	24	1,6	12,2	10,5	8,4
22	365	350	0,63	221	16	27	7	0,9	2860	700	24	1,4	16,9	14,2	11,4
23	333	395	0,48	190	9	34	7	0,92	3660	1150	31	2,3	9,9	7,2	6
24	250	110	0,62	68	17	34	15	0,9	3660	1400	39	2,8	13,6	9,6	8,6
25	960	390	0,57	222	16	27	11	0,9	3160	900	29	1,8	7,4	6,1	4,7



### Приклади розв'язання типових задач

**Задача 2.** Дано:  $D = 390$  мм,  $d = 222$  мм,  $\beta_1 = 16^\circ$ ,  $\beta_2 = 27^\circ$ ,  $\omega = 11$   $\cdot$  с $^{-1}$ ,  $\eta_o = 0.9$ ,  $Q = 3160$  м $^3$ /год.

Теоретичний напір розраховується за формулою:

$$H_m = \omega \cdot D \cdot (V_{u2} - V_{u1}) / (2 \cdot g) = 14,5 \text{ м}$$

$$V_{u2} - V_{u1} = u - V_r \cdot \text{ctg} \beta_2 - u + V_r \cdot \text{ctg} \beta_1 = V_r \cdot (\text{ctg} \beta_1 - \text{ctg} \beta_2) = 66,3 \text{ м/с}$$

**Задача 3.** Дано:  $n_s = 900$ ,  $u = 29$  м/с.

Для орієнтирного підрахунку напору, який розвиває осьовий насос можна скористатися формулою [1, стор. 189]:

$$H = (1 / K_n^2) \cdot (u^2 / 2g)$$

де  $K_n^2$  – коефіцієнт напору, який розраховується за формулою:

$$K_n = 0,0244 \cdot n_s^{2/3} = 0,0244 \cdot 900^{2/3} = 2,274$$

$$H = (1 / 2,274^2) \cdot (29^2 / 2g) = 8,28 \text{ м.}$$

**Задача 4.** Дано:  $K = 5$ ,  $Q = 3160$  м $^3$ /год,  $n = 960$  об/хв.

Зовнішній діаметр робочого колеса визначається за допомогою емпіричної формули [1, стор. 190]:

$$D = K \sqrt[3]{Q/n}$$

де  $K$  – коефіцієнт, який дорівнює 5;

$Q$  – подача насоса, м $^3$ /с;

$n$  – частота обертання, об/хв.

$$D = 5 \cdot (0.878 / 960)^{1/3} = 0.485 \text{ м} = 485 \text{ мм.}$$

Задача 5. Дано:  $D = 0,485\text{ м}$ ,  $d = 0,5 \cdot D = 0,243\text{ м}$ ,  $K_c = 1,8$ ,  $H = 9\text{ м}$ .

Теоретичну подачу осьового насоса можна розрахувати за формулою [1, стор. 189]:

$$Q_m = \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot v_z / 4,$$

де  $D$  – зовнішній діаметр робочого колеса, м;

$d$  – діаметр втулки, м;

$v_z$  – осьова швидкість, яка дорівнює

$$v_z = K_c \sqrt{2gH},$$

де  $K_c$  = коефіцієнт швидкості;

$H$  – напір насоса, м.

$$v_z = 1,8 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 9)^{0,5} = 23,92 \text{ м/с}$$

$$Q_m = 3,14 \cdot (0,485^2 - 0,243^2) \cdot 23,92 / 4 = 3,318 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Задача 6. Дано:  $\omega_{1u} = 7,4 \text{ м/с}$ ,  $\omega_{2u} = 6,1 \text{ м/с}$ ,  $v_z = 4,7 \text{ м/с}$ .

Згідно схеми на рис 1:

$$\omega_{cp,u} = (\omega_{1u}/2 + \omega_{2u}/2);$$

$$\omega_{cp} = (v_z^2 + \omega_{cp,u}^2)^{0,5};$$

Якщо звести дві попередні формули в одну, то отримаємо [2, стор. 48]:

$$\omega_{cp} = (v_z^2 + (\omega_{1u}/2 + \omega_{2u}/2)^2)^{0,5}$$

$$\omega_{cp} = (4,7^2 + (7,4/2 + 6,1/2)^2)^{0,5} = 8,225 \text{ м/с}.$$

Задача 7. Дано:  $\omega_{1u} = 7,4 \text{ м/с}$ ,  $\omega_{2u} = 6,1 \text{ м/с}$ ,  $v_z = 4,7 \text{ м/с}$ .

Кут повороту потоку дорівнює різниці кутів  $\beta_2 - \beta_1$ . Кути можна знайти за формулами:

$$\beta_1 = \arctan(v_z / \omega_{1u}) = \arctan(4,7 / 7,4) = 32,42^\circ$$

$$\beta_2 = \arctan(v_z / \omega_{2u}) = \arctan(4,7 / 6,1) = 37,61^\circ$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 37,61 - 32,42 = 5,2^\circ.$$

## Практичне заняття

**Тема :** Визначення робочих параметрів вихрових насосів

**Мета роботи :** навчитись визначати робочі параметри вихрових насосів.

**Питання до теми :**

1. Принцип дії вихрових насосів.
2. Особливості напору, подачі та ККД вихрових насосів.
3. Облaсті застосування вихрових насосів.
4. Типи робочих колес вихрових насосів.

### Задача №1

Знайти напір, який розвиває вихровий насос, якщо діаметр робочого колеса  $D$ , частота обертання  $n$ , а коефіцієнт  $\psi$ .

### Задача №2

Знайти корисну теоретичну потужність вихрового насосу, якщо відоме  $Q$ , а  $H_m$  прийняти з попередньої задачі.

### Задача №3

Напір  $H$  та діаметр  $D$  вихрового насосу такий, як в першій задачі. Ширина робочого колеса дорівнює  $B$ . Знайти повну поперечну силу  $P_n$ .

### Задача №4

Знайти подачу вихрового насосу, якщо теоретичний напір дорівнює  $H_m$ , а теоретична потужність  $N_m$ .

Таблиця 1 – Завдання до практичного заняття 2

Варіант	D, мм	n, об/хв	$\psi$	Q, л/с	B, мм	Hт, м	Нт, кВт
1	330	730	3,9	3	44	35	12
2	435	960	3,6	5	40	55	13
3	270	1450	4,1	6	30	125	8
4	390	2000	3,3	5	29	145	14
5	385	730	3,9	11	39	235	6
6	110	960	3,4	11	47	130	3
7	115	1450	3,8	10	27	100	13
8	130	2000	3,8	9	36	200	13
9	410	730	3,8	7	31	170	2
10	390	960	4,1	11	41	35	2
11	230	1450	3,5	5	35	50	2
12	395	2000	4	11	43	140	6
13	425	730	4,1	8	43	95	24
14	165	960	3,4	5	45	170	4
15	220	1450	3,6	9	30	50	2
16	405	2000	4	6	27	75	23
17	365	730	3,8	9	30	75	16
18	460	960	4,4	4	47	85	3
19	345	1450	4,3	5	45	180	10
20	385	2000	3,7	3	48	230	7
21	435	730	3,9	4	29	145	4
22	350	960	3,5	11	48	105	13
23	395	1450	3,5	3	36	95	1
24	110	2000	3,4	6	40	170	3
25	390	730	3,9	8	48	100	21



## Інформація до розв'язання

### Задача 1.

Дано:  $D = 390$  мм,  $n = 730$  об/хв,  $\Psi = 3,9$ .

Переносна швидкість на виході із робочого колеса визначається залежністю:

$$U = \pi \cdot D \cdot n / 60$$

$$U = \pi \cdot 0,39 \cdot 730 / 60 = 14,91 \text{ м/с.}$$

Напір вихрового насоса розраховується за формулою:

$$H = \psi \cdot U^2 / (2 \cdot g)$$

$$H = 3,9 \cdot 14,91^2 / (2 \cdot 9,81) = 44,17 \text{ м.}$$

### Задача 2.

Дано:  $Q = 8$  л/с,  $H_t = 44,17$  м.

Корисна теоретична потужність вихрового насоса визначається за формулою:

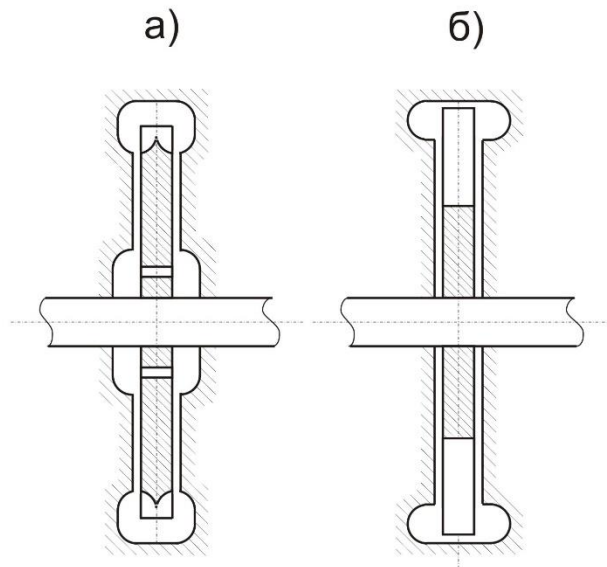
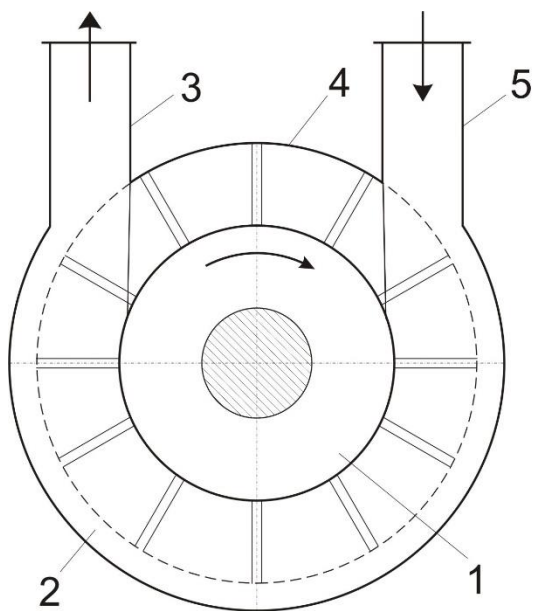
$$N_m = \rho g Q H_m$$

$$N_m = 998,2 \cdot 9,81 \cdot 0,008 \cdot 44,17 = 3460,3 \text{ Вт}$$

### Задача 3.

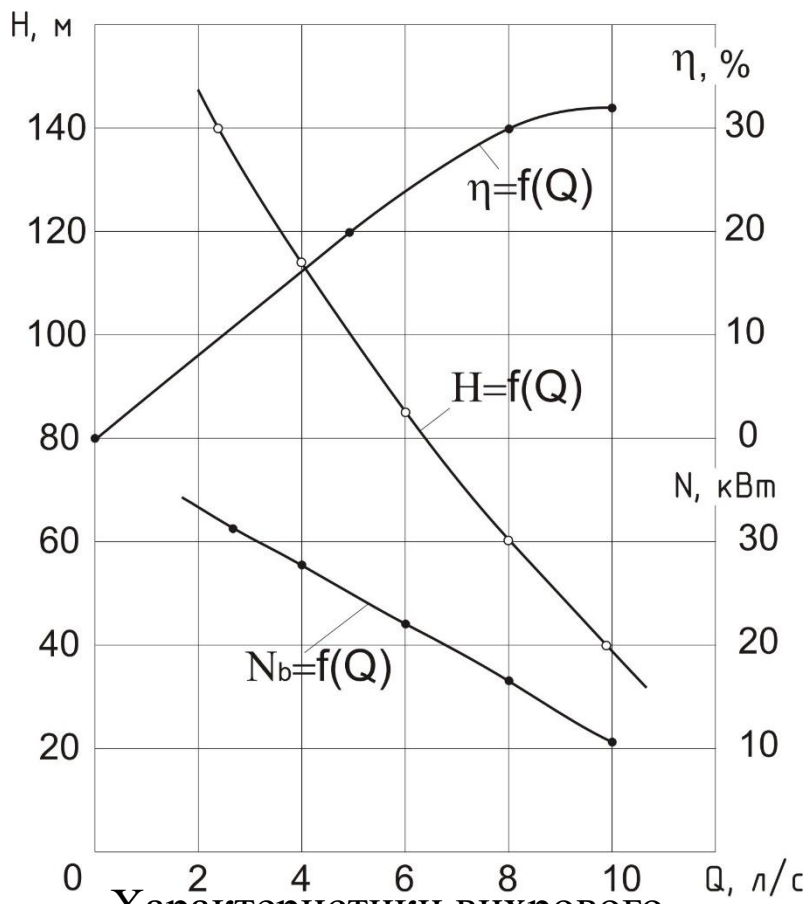
Дано:  $H_t = 44,17$  м,  $D = 390$  мм,  $B = 48$  мм.

Колесо працюючого вихрового насоса навантажено повздовжньою та поперечною силами, які передаються на вал. Повна поперечна сила знаходиться за формулою:



Робоче колесо 1 з плоскими радіальними лопатками знаходиться в корпусі з кільцевим каналом 2, який з'єднує напірний 3 і всмоктувальний 5 патрубки. Між ними знаходиться перемичка 4.

Принцип дії вихрових насосів наступний. Рідина захоплюється лопатками на вході у кільцевий канал, попадає в міжлопатеву порожнину і потім знову викидається в кільцевий канал. За один оберт робочого колеса частинка рідини кілька разів захоплюється лопатками й викидається в кільцевий канал. Таким чином, при проходженні міжлопатевих порожнин колеса на шляху від входу в кільцевий канал до виходу з нього рідина багаторазово отримує приріст енергії. У силу цього при тому самому діаметрі робочого колеса вихрові насоси розвивають напори в 2-4 рази більші, ніж відцентрові. Завдяки цьому вихрові насоси мають менші габаритні розміри й масу в порівнянні з відцентровими насосами тих же робочих параметрів. Важливою перевагою вихрових насосів є й те, що вони мають самоусмоктувальну здатність, тобто їх



Характеристики вихрового насоса ЭВ-2,7

$$P_n = \rho g H B D / 2$$

$$P_n = 998.2 \cdot 9.81 \cdot 44.17 \cdot 0.048 \cdot 0.39 / 2 = 4049 \text{ Н.}$$

#### **Задача 4.**

Дано:  $H_T = 100 \text{ м}$ ,  $N_T = 21 \text{ кВт}$ .

Подачу вихрового насосу можна знайти із формули для знаходження потужності:

$$N_m = \rho g Q H_m$$

Звідси

$$Q = N_m / (\rho g H_m)$$

$$Q = 21000 / (998.2 \cdot 9.81 \cdot 100) = 21.445 \text{ л/с.}$$

## Практичне заняття

### Визначення параметрів роботи струменевих насосів

#### Питання для повторення

1. Принцип дії струменевих насосів.
2. Основні параметри, які характеризують роботу струменевого апарата.
3. Недоліки струменевих насосів.
4. Принцип дії ерліфтів.

#### Умови задач

1. Визначити ККД струменевого насосу, якщо коефіцієнт  $\alpha$  дорівнює 0,8,  $H_0$  дорівнює номеру варіанту за списком у журналі, а  $H_1$  та  $Q_0$  у таблиці.
2. Визначити висоту підйому рідини, яка перекачується струменевим насосом, якщо коефіцієнт  $\alpha$  дорівнює 0,75, а ККД,  $H_1$  та  $Q_0$  у таблиці.
3. Розрахувати ерліфт для подачі води  $Q_{ерл.}$  при динамічному рівні в свердловині  $H_{св.}$  ККД компресора  $\eta_k$ .

Таблиця 4 – Завдання до практичного заняття 3

Варіант	$\alpha$	$H_0$ , м	$H_1$ , м	$Q_0$ , л/с	ККД	$Q_{ерл.}$ , л/с	$H_{св.}$ , м	$\eta_k$
1	0,8	1	35	3	0,17	53	47	0,78
2	0,8	2	55	5	0,2	40	49	0,71
3	0,8	3	125	6	0,15	4	39	0,73
4	0,8	4	145	5	0,23	11	53	0,7
5	0,8	5	235	11	0,19	31	34	0,72
6	0,8	6	130	11	0,2	46	57	0,7
7	0,8	7	100	10	0,22	54	27	0,78
8	0,8	8	200	9	0,15	68	59	0,7
9	0,8	9	170	7	0,18	48	34	0,79
10	0,8	10	35	11	0,24	14	23	0,77
11	0,8	11	50	5	0,23	47	48	0,72
12	0,8	12	140	11	0,24	18	52	0,77
13	0,8	13	95	8	0,15	25	32	0,78
14	0,8	14	170	5	0,18	35	47	0,73
15	0,8	15	50	9	0,22	56	21	0,79
16	0,8	16	75	6	0,19	46	42	0,75
17	0,8	17	75	9	0,23	44	33	0,7
18	0,8	18	85	4	0,24	49	35	0,71
19	0,8	19	180	5	0,23	1	34	0,76
20	0,8	20	230	3	0,2	48	26	0,75
21	0,8	21	145	4	0,23	21	33	0,76
22	0,8	22	105	11	0,15	35	29	0,76
23	0,8	23	95	3	0,17	34	34	0,72
24	0,8	24	170	6	0,19	49	30	0,75
25	0,8	25	100	8	0,19	64	31	0,74

Задача 1. Дано:  $\alpha = 0,8$ ,  $H_0 = 25$  м,  $H_1 = 100$  м,  $Q_0 = 8$  л/с.

ККД струменевого насосу представляє собою відношення корисної потужності до витраченої [3, ф. 1.12]:

$$\eta = (Q_0 \cdot H_0) / (Q_1 \cdot H_1).$$

Відомо, що

$$\alpha = Q_0 / Q_1 = 0,8,$$

звідки

$$Q_1 = Q_0 / \alpha = 8 / 0,8 = 10 \text{ л/с.}$$

$$\eta = (8 \cdot 25) / (10 \cdot 100) = 0,2 = 20\%.$$

Задача 2. Дано:  $\alpha = 0,75$ ,  $H_1 = 100$  м,  $Q_0 = 8$  л/с,  $\eta = 0,19$ .

$$\alpha = Q_0 / Q_1 = 0,75$$

$$Q_1 = Q_0 / \alpha = 8 / 0,75 = 10,67 \text{ л/с.}$$

Скористаємося формулою для визначення ККД струменевого насосу:

$$\eta = (Q_0 \cdot H_0) / (Q_1 \cdot H_1),$$

звідки

$$H_0 = \eta \cdot Q_1 \cdot H_1 / Q_0$$

$$H_0 = 0,19 \cdot 10,67 \cdot 100 / 8 = 25,33 \text{ м.}$$

Задача 3. Дано: Розрахувати ерліфт для подачі води  $Q_{\text{ерл}} = 64$  л/с при динамічному рівні в свердловині  $H_{\text{св}} = 31$  м. Прийняти ККД компресора  $\eta_k = 0,74$ .

Відповідно до таблиці 5 для  $H_{\text{св}} = 31$  м приймаємо  $H_3 = 2,157H$  і  $Q_n / Q = 2,87$ . Тому заглиблення змішувача під динамічний рівень води

$H_3 = 2,157H = 2,157 \cdot 31 = 66,87$  м, а подача повітря

**K20/30a-Y3**  $Q_n = 2,87 \cdot Q = 2,87 \cdot 64 = 183,5 \text{ л/с} = 660,62 \text{ м}^3/\text{год.}$

**CE 1000-60-10**

**600B-1,6/100**

**800B-2,5/40**

**D1600-90**

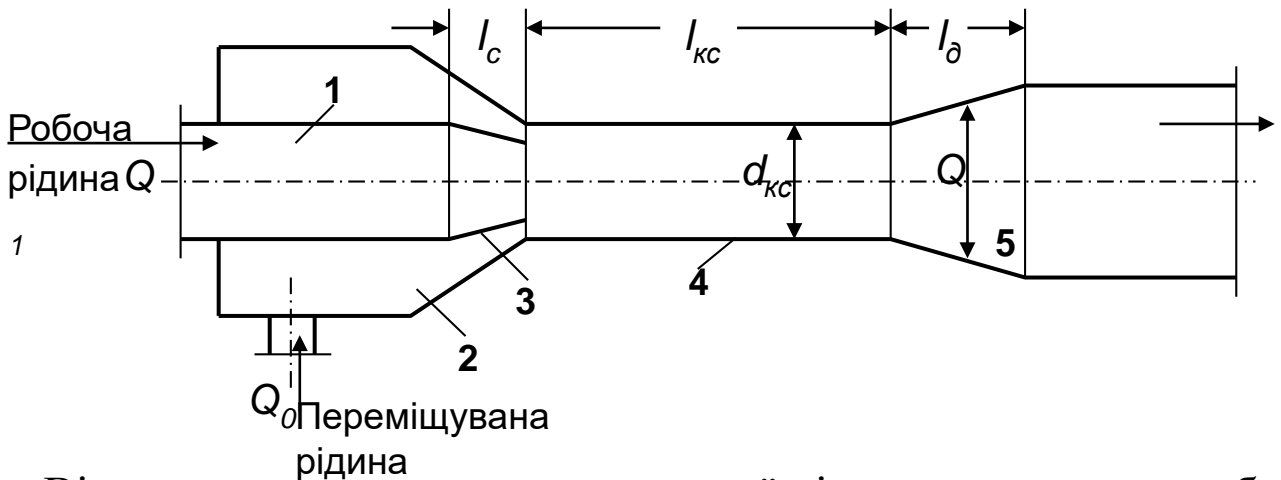
**D630-90**

**ЦНС100 250 (БМС\*6)**



Струминні насоси (гідроелеватори або ежектори) відносяться до групи насосів-апаратів, тобто насосів, що не мають рухомих частин. Вони діють за принципом передачі кінетичної енергії від потоку робочої рідини до потоку перекачуваної рідини. При цьому передача енергії від одного потоку до іншого відбувається безпосередньо, без проміжних механізмів

Струминний насос складається із чотирьох основних вузлів: сопла, всмоктувальної камери, камери змішування й дифузора. Робоча рідина під тиском подається в сопло (звужуючу насадку) і відтіля в змішувальну камеру.



Відношення витрати перекачуваної рідини до витрати робочої

називають коефіцієнтом інжекції (підмішування):

$$\alpha = Q_0 / Q_1,$$

$$\beta = H_0 / H_1$$

## Завдання 3М 2

Розв'язання

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2$$

$$Q_2 = Q_1 n_2 / n_1 = 500 \cdot 1450 / 2900 = 250 \text{ л/с.}$$

## Завдання 3М 3

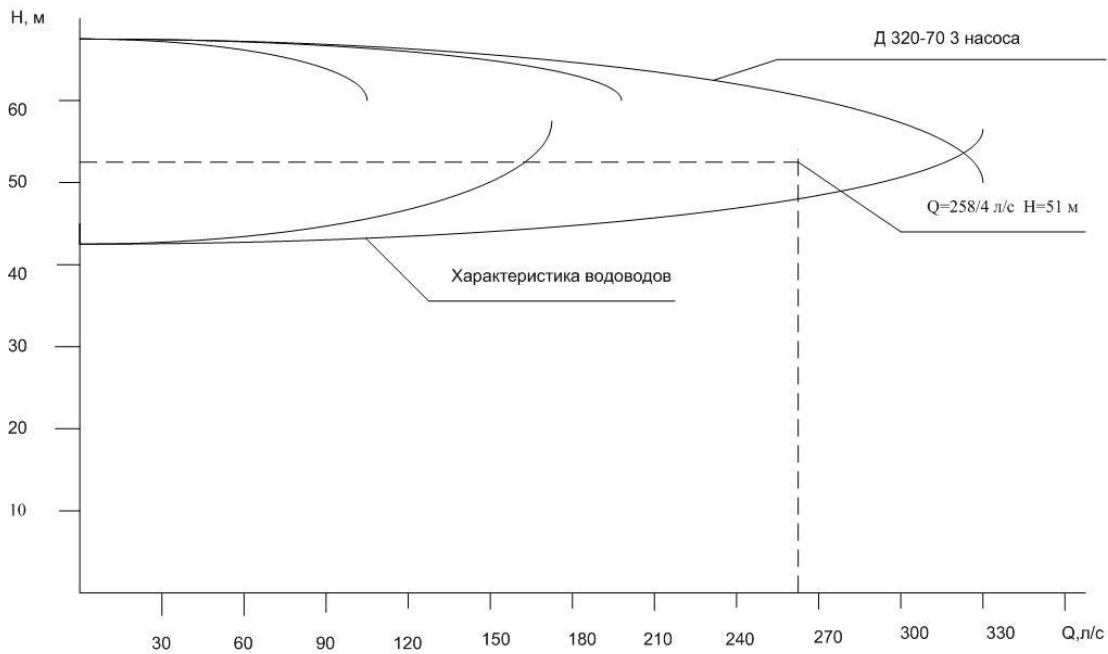
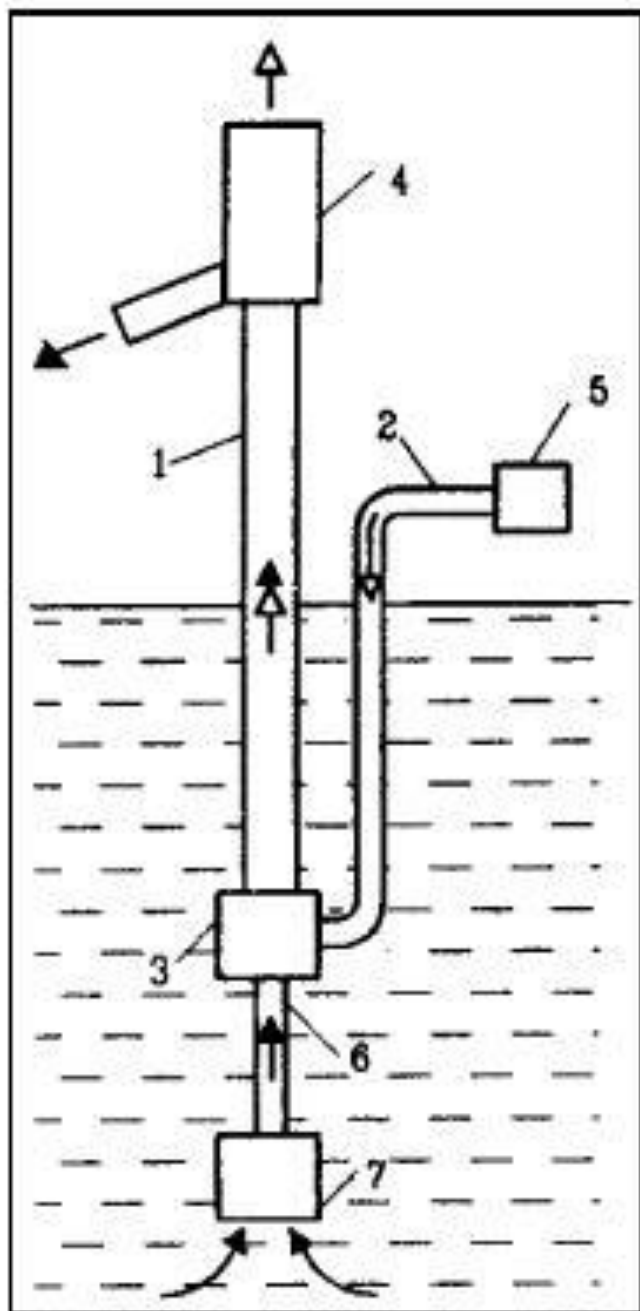


Рис. - Характеристики насосов Д320-70 и водоводов



*Рис. Принципова схема ерлі-фту: 1 – піднімальна труба; 2 – труба для подачі повітря; 3 – змішувач; 4 – сепаратор; 5 – ресивер; 6 – трубопровід; 7 – всмоктувальний пристрій.*

Таблиця 5 – Залежність відносних значень  $H_3/H$  і  $Q_n/Q$  від  $H$ 

$H_{св}$	$H_3 / H$	$Q_n / Q$	
20	2,5	1,5	2
40	2	2	3,5
60	1,5	5	5,5
80	1,2	6,5	7
100	1	8	9

Для забезпечення подачі води 64 л/с з таблиці 6 вибираємо діаметри труб водопіднімальної – 175 мм, повітряної – 63 мм, діаметр свердловини 350 мм.

Таблиця 6 – Рекомендовані розміри труб для ерліфта

Подача води, $Q$ л/с	Діаметр, мм		
	Водоприймальної труби, $d_в$	Повітряної труби, $d_п$	Свердловини, $d_с$
1...2	40	12	100
2...3	50	12...20	125
3...6	63	20...25	150
6...9	75	25...30	150
9...12	88	25...30	200
12...18	100	30...38	200
18...21	113	30...38	200
21...30	125	35...50	250
30...45	150	50...63	300
45...65	175	50...63	350
65...75	200	63...75	350

ККД ерліфта визначимо з формули [4, ф. 6.17]:

$$\eta_e = \frac{QH}{23Q_n \ln(0,1H_3 + 1)}$$

$$\eta_e = \frac{64 \cdot 10^{-3} \cdot 31}{23 \cdot 183,5 \cdot \ln(0,1 \cdot 66,87 + 1)} = 0,23$$

Для підрахунку ККД ерліфтної установки в цілому визначимо втрати тиску

$\Delta p_n$  в повітропроводі та тиск  $p_2$ , який створює компресор:

$$\Delta p_n = \rho_n g h_n = \rho_n g \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{8Q_n^2}{g\pi^2 d^4} = \rho_n \lambda \frac{8,8 \cdot (H + H_3) \cdot Q_n^2}{\pi^2 d^5}$$

Приймаємо, що місцеві втрати напору в повітропроводі еквівалентні 10% його довжини, тому  $l = 1,1 (H + H_3)$ . Коефіцієнт Дарсі  $\lambda$  визначимо після підрахунку числа Рейнольдса:

$$Re = 4Q / (\pi \cdot d \cdot v) = 4 \cdot 0,1835 / (3,14 \cdot 0,063 \cdot 15,7 \cdot 10^{-6}) = 236223.$$

Кінематичну в'язкість повітря  $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6}$  прийнято для температури  $20^\circ\text{C}$ . Приймаємо шорсткість труб  $\Delta_e = 0,1$  мм, тому  $d / \Delta_e = 63 / 0,1 = 630$ . З рис 3 визначаємо  $\lambda = 0,022$ .

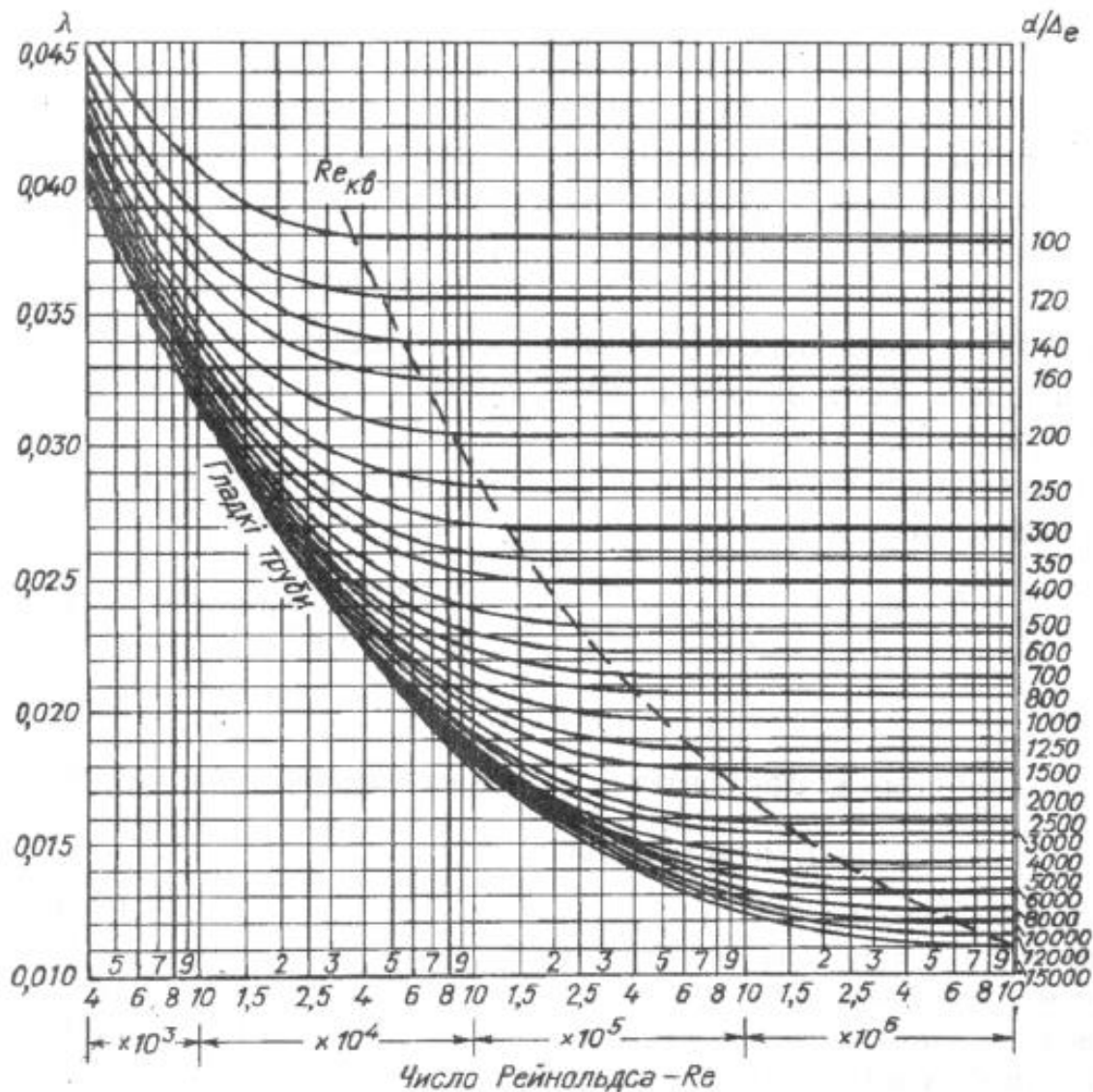


Рисунок 3 – Коефіцієнт Дарсі для шорстких труб

Тепер підрачуємо:

$$\Delta p_n = 1,2 \cdot 0,022 \frac{8,8 \cdot (31 + 66,87) \cdot 0,1835^2}{3,14^2 \cdot 0,063^5} = 78167 \text{ Па} = 78,17 \text{ кПа}.$$

Надлишковий тиск, який створює компресор знайдемо за формулою:

$$p_2 = \rho g H_3 + \Delta p_n = 1000 \cdot 9,81 \cdot 66,87 + 78167 = 734132 \text{ Па} = 734,1 \text{ кПа}$$

а абсолютний тиск:

$$p_{2a} = p_2 + p_a = 734,1 + 100 = 834,1 \text{ кПа}.$$

Потужність, споживана компресором:

$$N_{\text{ком}} = \frac{p_a \cdot Q_n}{\eta_k} \cdot \ln \frac{p_{2a}}{p_a} = \frac{10^5 \cdot 0,1835}{0,74} \cdot \ln \frac{834,13}{100} = 52602 \text{ Вт}$$

Корисна потужність при підніманні води:

$$N_k = \rho g Q H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,064 \cdot 31 = 19463 \text{ Вт}$$

ККД ерліфтною установки в цілому:

$$\eta_{\text{ев}} = \frac{N_k}{N_{\text{ком}}} = \frac{19463}{52602} = 0,37 = 37\%.$$