

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Кафедра водопостачання та водовідведення

**О.А. Кравчук**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ  
З ДИСЦИПЛІНИ  
«НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ»**

Для студентів галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»  
Спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
Освітньої програми «Водопостачання та водовідведення»

Київ 2023

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>ТЕМА 1.</b> Загальні відомості про насоси і насосні станції.....	4
<b>ТЕМА 2.</b> Класифікація насосних станцій.....	12
<b>ТЕМА 3.</b> Категорії надійності насосних станцій. Режими роботи.....	18
<b>ТЕМА 4.</b> Розрахунок основних режимів роботи насосних станцій I-го підйому.....	22
<b>ТЕМА 5.</b> Розрахунок основних режимів роботи насосних станцій II-го підйому.....	25
<b>ТЕМА 6.</b> Конструювання машинної зали насосної станції.....	33
<b>ТЕМА 7.</b> Конструювання машинної зали.....	42
<b>ТЕМА 8.</b> Будівельні конструкції НС.....	57
<b>ТЕМА 9.</b> Насосні станції і установки для забору підземних вод та пересувні насосні станції.....	67
<b>ТЕМА 10.</b> Допоміжне насосне обладнання.....	72
<b>ТЕМА 11.</b> Каналізаційні насосні станції.....	76
<b>ТЕМА 12.</b> Спеціальні типи каналізаційних насосних станцій.....	90
<b>ТЕМА 13 .</b> Електрична частина насосних станцій.....	95
<b>ТЕМА 14.</b> Контрольно-вимірвальна апаратура і автоматизація роботи насосних станцій.....	101
<b>ТЕМА 15.</b> Автоматизація насосних станцій.....	107
<b>ТЕМА 16.</b> Повітродувні станції.....	109
<b>ТЕМА 17.</b> Функціонування насосних станцій в умовах надзвичайних ситуацій .....	120
<b>ТЕМА 18.</b> Техніко-економічні показники насосних станцій.....	125
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b> .....	127

## ВСТУП

Пропонований конспект лекцій підготовлено відповідно до навчальної програми з дисципліни «Насосні і повітродувні станції» для студентів, які навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньою програмою «Водопостачання та водовідведення».

Мета дисципліни – дати студентам необхідні знання і вміння для проектування та розрахунку насосних і повітродувних станцій, які застосовуються при експлуатації систем водопостачання та водовідведення; ознайомити студентів з основними правилами підбору і експлуатації аеродинамічних машин, вентиляторів та повітродувок.

Завдання дисципліни - підготувати студентів до самостійної роботи в проектних, наукових і експлуатаційних організаціях. Вміти приймати обґрунтовані технічні рішення при вирішенні питань пов'язаних з проектуванням, підбором і експлуатацією насосних і повітродувних станцій різного призначення, в тому числі обладнання, яке застосовується в системах водопостачання та водовідведення.

Конспект складається з вісімнадцяти тем, у кожній з них висвітлено питання, які належать до окремих самостійних тем або навіть цілих курсів дисципліни. В тексті для полегшення сприйняття матеріалу наведені необхідні рисунки і графіки.

## ТЕМА 1.

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ

#### 1.1. Призначення і області застосування

**Насосами** називають гідравлічні машини, які призначені для перекачування крапельних рідин (вода). При цьому в процесі перекачування відбувається протікання рідини через робочий орган насосу (робоче колесо, поршень та ін.) і одночасна передача механічної енергії від рідини до нього. Таким чином, в насосах завжди енергія протікаючої рідини на вході в насос менше енергії на виході з нього.

У випадку, коли гідравлічні машини перекачують газову рідину (повітря) їх називають повітродувними машинами (повітродувки, компресори, вентилятори).

Насоси, які застосовуються для перекачування крапельних рідин, встановлюються в спеціальних будівлях. Такі будівлі разом з відведеною територією і допоміжним обладнанням називають **насосними станціями**.

Відповідно, будівлі, в яких розміщуються повітродувні машини – **повітродувні станції**.

Насоси і насосні станції знаходять широке застосування у багатьох областях народного господарства країни. Зокрема в різних галузях промисловості, сільському господарстві, закладах комунального та соціально-побутового господарства, будівництві тощо.

За підрахунками двигуни до нагнітачів (в тому числі насосів і повітродувних машин) споживають до 10% електроенергії, яка виробляється в світі.

#### 1.2. Короткі історичні відомості

Як свідчать проведені історичні дослідження, водопідйомні пристрої і механізми застосовувались людиною з давніх часів. Одним з перших пристроїв, що працює за рахунок застосування мускульної сили людини і дійшов до нас, можна назвати двоплечевий пристрій для підняття води (в сільських місцевостях його ще називають “журавель”). Сюди також можна віднести водопідйомні колеса, які при обертанні піднімали воду на певну висоту і широко використовувались в Древньому Єгипті в землеробстві при

поливі. Робота таких установок, як правило, також здійснювалась за рахунок мускульної сили людей або тварин.

Вважається, що вперше насос винайшов і застосував приблизно 200 р.р. до н.е. Архімед. Такі насоси він використовував при викачуванні надлишкової води з трюмів суден і підняття води з джерела для поливу. Але його конструкція не збереглась (вважається, що його конструкція була схожою з поршневым насосом).

Є відомості, що у 2 столітті до н.е. греком Ктебізієм був винайдений двохциліндровий насос.

Десь у 1 в. н. е. італійський зодчий Вітрувій описав восьмициліндровий насос з подачею 220 л/хв. Такі насоси використовувались у стародавній Александрії і Римській імперії.

У XV столітті Леонардо Да Вінчі запропонував ідею відцентрового насоса. У 1700 році французький фізик Папен вперше побудував відцентровий насос примітивної конструкції.

У 1519 р. при водопостачанні Псковського кремля були застосовані поршневі насоси.

У 1750 році швейцарець Ейлер розробив теорію відцентрових насосів.

Основним обмеженням для поширення насосів була відсутність привідних двигунів. З появою електродвигунів відбулося масове поширення насосів в сучасних водогонях.

Класична схема і конструкція одноколісного відцентрового насосу була запропонована 1846 р. Андревсом у США. Його дослідження також привели до створення спрощеної конструкції багатоступінчатого насосу, яку у 1875 році удосконалив і надав сучасної форми знаменитий вчений Рейнольдс (Англія).

У 1898 році був винайдений сучасний свердловинний насос, який піднімав воду з глибини 250 м.

Винахід поршневого повітряного насосу, прототипу сучасних компресорів з одним ступенем стиснення, пов'язано з іменем фізика Геріке (Германія, 1640 р.).

Удосконалення конструкції компресорів у XVIII – XIX ст. було викликано активним розвитком гірсько-рудної промисловості і металургії. Так у другій половині XVIII ст. в Англії Вилкінсон запатентував двоциліндровий поршневий компресор і в той же час Уатт виготовив повітродувну машину з паровим двигуном.

Виробництво відцентрових компресорів було започатковано фірмами Рато (Франція) і Парсонс (Англія) на початку ХХ ст.

Конструкція відцентрового вентилятора була запропонована у 1832 році. Останній активно використовувався для провітрювання шахт і промислових приміщень.

Завдяки роботам видатних вчених Л. Ейлера, О. Рейнольдса, Л. Прандтля, Н. Жуковського у ХVIII – ХІХ ст. була створена сучасна наукова основа насособудування.

Суттєвий розвиток насособудування відбувся з розвитком містобудування, систем водопостачання і водовідведення міст.

В першій половині ХVII сторіччя в Києві на Подолі існувала своєрідна безнасосна система водопостачання. Вода по трубах надходила у фонтан Самсон звідки по дерев'яних трубах поступала в колодязі на Подолі.

Перший централізований водопровід у Києві був збудований у 1872 р., централізована система водовідведення – у 1894 р., артезіанські свердловини – у 1895 р. Забір води при цьому здійснювався з річки Почайни в районі Подолу. Воду насосами подавали на Володимирську гірку, де для її очищення були встановлені повільні піщані фільтри, звідки насосами II підйому (район Володимирської гірки) подавалась у дві водонапірні башти (одна з них залишилась біля дитячого театру (сучасний музей води). Друга була в районі над сучасним Українським домом. Добова витрата води становила 679 м<sup>3</sup>/добу. До системи спочатку були приєднані 63 садиби. Для збору стічних вод в районі Хрещатика був улаштований приймальний резервуар, з якого воду для очищення насосами перекачували на поля фільтрації в районі Сирця.

В Києві перші насоси для водопостачання були задіяні у Печерській фортеці (1855), а потім у Кадетському корпусі (1857). Артезіанське водопостачання в Києві запроваджено у 1898 р. А з 1908 р. весь водопровід м. Києва був переведений на артезіанську воду (24 свердловини). До 1941 першого року в Києві побудовано 50 свердловин.

У 1939 році ввели в дію Дніпровську водопровідну насосну станцію. В 1961 році пущена Деснянська водопровідна насосна станція.

Початок науково-дослідних робіт з насособудування на Україні можна віднести до 1913 – 1915 років, коли була створена гідравлічна лабораторія при Харківському технологічному інституті, де досліджувались нові конструкції насосів.

Однак нинішній рівень експлуатації систем водопостачання і водовідведення не гарантує ані технологічної, ані санітарно-гігієнічної

надійності. Як відомо, четверта частина очисних споруд, кожна п'ята насосна станція виробили термін амортизації, 26% мереж перебувають в аварійному стані, потребують заміни 25% свердловин.

На один кілометр водопровідної мережі в Україні припадає 1-4 аварії на рік, на один кілометр мережі водовідведення – 1,4 аварії на рік, що в багато разів перевищує аналогічні показники в країнах Західної Європи.

### 1.3. Основні характеристики насосних і повітродувних станцій

Розглянуті вище умови роботи гідравлічних машин – насосів на насосних станціях і установках та турбін на ГЕС – показують, що в обох випадках відбувається перетворення енергії рідини. В зв'язку з цим необхідно визначити гідравлічні параметри машин, які характеризують рух рідини і її енергію. Переходячи більш детально до розгляду умов роботи гідравлічних машин необхідно відмітити. Що серед основних параметрів цих машин, які визначають діапазон зміни режимів їх роботи, склад обладнання і конструктивні особливості слід відмітити наступні: напір або тиск, подача, потужність і коефіцієнт корисної дії.

**Напір (H) або тиск (p)** представляє собою різницю питомих енергій рідини в перерізах після і до насоса, виражається в м. Напір або тиск, який створюється насосом, визначає граничну висоту підйому або відстань, на яку відбувається перекачування рідини (відповідно H і L) (рис. 1.1.).

З загального курсу технічної механіки рідини та газу відомо, що між напором і тиском справедливе співвідношення:

$$H = \frac{P}{\rho g}, \quad (1.1)$$

де H – повний напір в перерізі, м;  $p = p_{\text{атм}} + p_{\text{м}}$  – повний тиск в розглядуваному перерізі, Па;  $p_{\text{атм}}$  і  $p_{\text{м}}$  – відповідно, атмосферний і манометричний тиск в цьому перерізі, Па;  $\rho$  – густина рідини,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , для води  $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ .

Величина атмосферного тиску залежить від відмітки поверхні місцевості. На рівні моря приймається  $p_{\text{атм}} \approx 100000 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$ . Залежність атмосферного тиску в м вод. ст. від абсолютної відмітки приблизно можна розраховувати за формулою:

$$\frac{P_{\text{атм}}}{\rho g} = 10,3 - \frac{\Delta}{900}, \quad (1.2)$$

де  $\Delta$  - абсолютна відмітка поверхні місцевості.

**Подача (Q)** – кількість рідини яка подається насосом в напірний трубопровід за одиницю часу. Якщо подачу рідини вимірюють в одиницях об'єму, то її називають об'ємною подачею (витратою, звичайно вимірюється в л/с (дм<sup>3</sup>/с) або м<sup>3</sup>/год.).

При подачі рідини, яка з рідини, яка змінює в процесі подачі свою густину, введено поняття масової подачі M. При цьому одиниця виміру буде кг/с. Між масовою і об'ємною витратою справедливо співвідношення:

$$M = \rho Q, \quad (1.3)$$

де  $\rho$  – густина рідини, що переміщується, кг/м<sup>3</sup>; Q – об'ємна подача (витрата), м<sup>3</sup>/с.

**Питома корисна робота (L<sub>п</sub>)** – представляє собою роботу, яку отримує потік від робочих органів машини, віднесена до 1 кг маси рідини. Даний показник є характеристикою насосу з енергетичної сторони, Дж/кг:

$$L_{п} = p/\rho = gH, \quad (1.4)$$

де p - повний тиск в перерізі, Па.

**Потужність (N)**, яка витрачається насосом, необхідна для створення необхідного напору і переборення всіх видів втрат, що виникають при перетворенні механічної енергії, яка підводиться до насосу, в енергію руху рідини у всмоктувальному і напірному трубопроводах. Вимірювана в кВт потужність насосу визначає потужність приводного двигуна і сумарну (встановлену) потужність насосної станції.

Корисна потужність машини (насосу, вентилятора) – це є робота, яка передана машиною за секунду середовищу, що переміщається, визначається співвідношенням;

$$N_{к} = \rho QgH/1000 = Qp/1000, \text{ кВт.} \quad (1.5)$$

Для чистої води ( $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>) вираз (1.5) прийме вигляд;

$$N_{к} = 9,81QH/1000, \text{ кВт.} \quad (1.6)$$

З формули (1.5) слідує, що роботу можна представити як добуток сили на відстань. Дійсно,  $\rho Qg = M_{с}g = G_{с}$  – вага середовища, яке подається машиною в секунду на висоту H, м. При цьому машина здійснює в секунду корисну роботу  $G_{с}H$ , Вт, яка передається середовищу, що подається.

Співвідношення (1.5) з врахуванням (1.4) може бути приведена до вигляду:

$$N_{к} = ML_{п}/1000, \text{ кВт.} \quad (1.7)$$

**Коефіцієнт корисної дії (ККД)** враховує всі види втрат, які пов'язані з перетворенням механічної енергії двигуна в енергію рідини, що рухається.



ККД визначає енергетичну доцільність експлуатації насоса при зміні інших його робочих параметрів (напору, подачі, потужності).

ККД насосу  $\eta$  – це є відношення корисної потужності до потужності насосу:

$$\eta = N_k/N. \quad (1.8)$$

Відповідно потужність насосу  $N = N_k/\eta$ . Підставляючи в останній вираз значення  $N_k$  з формули (1.5), отримаємо:

$$N = \rho Q g H / 1000 \eta = Q p / 1000 \eta, \text{ кВт}. \quad (1.9)$$

Для оцінки енергетичної ефективності установки в цілому, яка складається з машини і двигуна до неї, використовують поняття ККД установки  $\eta_y$ :

$$\eta_y = N_k / N_{\text{ел}}, \quad (1.10)$$

де  $N_{\text{ел}}$  – електрична потужність, яка підводиться до двигуна.

В реальних умовах ККД залежить від багатьох факторів: типу, розміру і конструкції машини, виду середовища, що переміщується, режиму роботи машини, характеристики мережі, на яку працює машина та ін. Основними з них вважаються: гідравлічні, об'ємні і механічні втрати енергії.

*Гідравлічні втрати* енергії в проточній частині насосу на всій ділянці руху рідини, що перекачується від входу в насос до виходу з нього обумовлені гідравлічним тертям рідини по стінках направляючих поверхонь, співударінням частинок рідини і вихорових втрат. Плавні окреслені канали робочого колеса, відсутність крутих поворотів, розширень і звужень, ретельне оброблення внутрішніх поверхонь проточної частини забезпечує високий гідравлічний ККД насосу за допомогою якого оцінюються гідравлічні втрати  $h_r$ :

$$\eta_z = \frac{H}{H + h_z}, \quad (1.11)$$

де  $H$  – напір, під яким відбувається переміщення рідини в корпусі насосу.

Для сучасних великих насосів при досконалому виготовленні лопатей гідравлічний ККД можна визначати за емпіричною формулою:

$$\eta_z = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1n} - 0,172)^2}, \quad (1.12)$$

де  $D_{1n}$  – умовний діаметр живого перерізу входу в робоче колесо, який називається приведеним діаметром на ввіді:

$$D_{1n} = \sqrt{D_0^2 - d_{\text{см}}^2}. \quad (1.13)$$

За статистичними даними

$$D_{cm} \approx 4,253 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}, \quad (1.14)$$

де  $n$  - частота обертання валу відцентрового насосу.

*Об'ємні втрати*, які обумовлені внутрішнім перетіканням рідини через зазори між робочим колесом, що обертається і нерухомими деталями корпусу насосу з області високого тиску в область низького тиску.

Якщо насос подає в напірний трубопровід витрату  $Q$ , а через зазори перетікає витрата  $\Delta Q$ . То фактична подача робочого колеса становить  $Q + \Delta Q$ . Об'ємний ККД насосу характеризується відношенням

$$\eta_{об} = \frac{Q}{Q + \Delta Q}. \quad (1.15)$$

На практиці для орієнтовних розрахунків величину коефіцієнта  $\eta_{об}$  можна розраховувати за емпіричною залежністю

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + a n_s^{-0,66}}, \quad (1.16)$$

де  $a$  – коефіцієнт, який залежить від співвідношення між діаметрами входу і виходу і становить біля 0,68;

$n_s$  – коефіцієнт швидкохідності.

*Механічні втрати* викликаються тертям, яке пов'язане з обертанням валу і робочого колеса насосу. До них відносяться втрати в підшипниках, сальниках і так звані дискові втрати, які виникають в результаті тертя частин, що обертаються і рідини. Механічний ККД визначається за залежністю:

$$\eta_{мех} = \frac{N - N_{мех}}{N}, \quad (1.13)$$

де  $N_{мех}$  – механічні втрати потужності;  $N - N_{мех}$  – механічна потужність, тобто потужність, яка передається робочим колесом насосу потоку рідини.

Величина механічного ККД, з урахуванням дискових втрат в насосі, можна розраховувати за формулою:

$$\eta_{мех} = \left(1 + \frac{820}{\eta_s^2}\right)^{-1} = \left[1 + \left(\frac{28,6}{\eta_s}\right)^2\right]^{-1}. \quad (1.14)$$

З врахуванням всіх втрат потужності з формули (1.9) отримаємо:

$$\eta = \frac{H}{H + h_z} \cdot \frac{Q}{Q + \Delta Q} \cdot \frac{N - N_{мех}}{N} \quad (1.15)$$

або остаточно

$$\eta = \eta_{г} \cdot \eta_{об} \cdot \eta_{мех}, \quad (1.16)$$

тобто ККД насосу представляє собою добуток об'ємного, гідравлічного і механічного коефіцієнтів корисної дії.

У сучасних насосів  $\eta_r = 0,9 \dots 0,95$ ;  $\eta_{об} = 0,95 \dots 0,98$ ;  $\eta_{мех} = 0,9 \dots 0,97$ . Треба мати на увазі, що значення  $\eta$  для кожного насосу змінюється в залежності від режиму його роботи. Максимальне значення ККД великих насосів, які випускаються серійно досягає  $0,9 \dots 0,92$ , малих –  $0,6 \dots 0,75$ .

## ТЕМА 2.

### КЛАСИФІКАЦІЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

#### 1. За призначенням:



Рис.2.1. Класифікація НС.

#### *1. За призначенням:*

##### 1.1. Господарсько-побутові водопровідні:

1.1.1. **НС-I** – насосні станції першого підйому. Забирають воду з джерела і подають її на очисні споруди водопроводу. Подача протягом доби рівномірна.

1.1.2. **НС-II** – насосні станції другого підйому. Забирають воду з РЧВ і подають її споживачам. Подача протягом доби, в більшості випадків, нерівномірна. В об'єднаних госппобутово-протипожежних системах забезпечують пожежогасіння. Характеризуються наявністю РЧВ.

1.1.3. **Артезіанські свердловини.** Забирають воду з підземних джерел і подають її на очистку або зразу споживачам.

1.1.4. **Підвищувальні НС.** Забирають воду з водопровідної мережі і збільшують її напір. Не мають РЧВ і не можуть регулювати подачу.

##### 1.2. Господарсько-побутові каналізаційні:

1.2.1. **ГКНС** – головні каналізаційні НС. Подають воду від міста на очисні споруди каналізації.

1.2.2. **РКНС** – Перекачують воду з якогось району населеного пункту.

1.2.3. **Насосні станції підкачки.** Встановлюються на самопливних колекторах для зменшення глибини їх прокладання.

##### 1.3. Промислові НС:

1.3.1. Водопровідні при необхідності подавати воду різної якості, протипожежні.

1.3.2. Каналізаційні для перекачування агресивних стічних вод, осаду, мулу.

1.3.3. НС оборотних систем.

#### 1.4. Дощові.

##### 2. За розташуванням відносно поверхні землі:

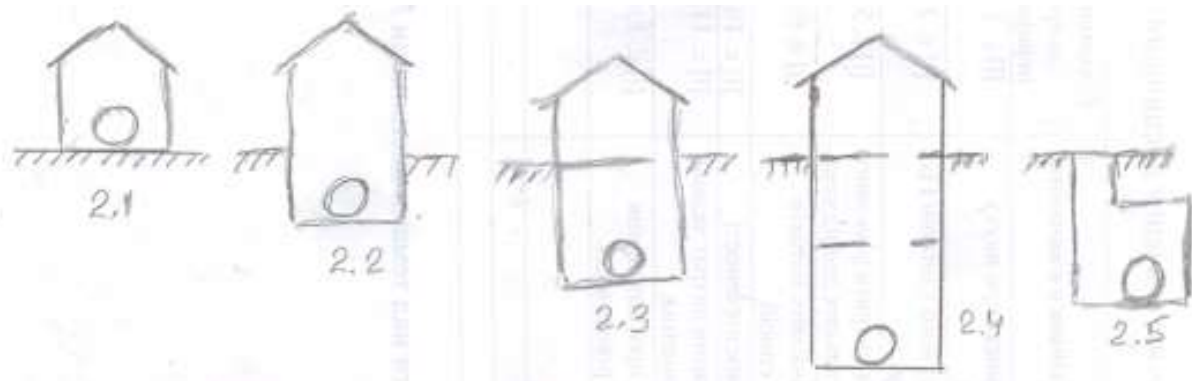


Рис.2.2. Класифікація НС за розташуванням відносно поверхні землі.

2.1. **Наземні** – підземна частина відсутня.

2.2. **Напівзаглиблені** – між підземною і наземною частинами відсутнє покриття

2.3. **Заглиблені** - між підземною і наземною частинами існує покриття.

2.4. **Шахтні** – підземна частина має декілька поверхів.

2.5. **Підземні** – без наземної частини.

**Наземні** будівлі характерні для насосних станцій, які забирають воду з поверхневих джерел з відносно невеликими коливаннями рівнів і обладнаних насосами з позитивною висотою всмоктування, що дозволяє розмістити їх вище максимального рівня води в джерелі.

**Заглиблені** будівлі характерні для насосних станцій, які використовують поверхневі джерела води з коливаннями рівнів води, які перевищують всмоктувальну здатність насосів, що змушує розміщувати будівлі нижче максимального, а іноді і мінімального рівня води в джерелі. В заглиблених будівлях насосних станцій розрізняють підземну і верхню частини будівлі.

При значному заглибленні насосної станції, які викликані великими коливаннями рівнів води або складними геологічними умовами, використовують будівлі **шахтного типу**, в яких основне і допоміжне

обладнання, яке розміщується в приміщеннях, розташованих на кількох ярусах, які піднімаються до поверхні землі у вигляді шахти.

**Підземні будівлі**, часто використовуються для невеликих насосних станцій, які використовують підземні води і обладнаних зануреними насосами, дуже рідко зустрічаються у великих водогосподарських системах.

Горизонтальні і вертикальні розміри машинної зали насосної станції визначаються в залежності від типу, кількості і розмірів встановленого технологічного і допоміжного обладнання. Можливості і зручності його монтажу, демонтажу і експлуатації.

### 3. За формою в плані: прямокутні, круглі, полігональні, складних форм.

Кругла форма будівлі більш зручна при будівництві опускним способом. Але у відношенні розміщення обладнання, трубопроводів і підйомно-транспортних засобів вона менш зручна, ніж прямокутна. При малому заглибленні станції і великій кількості насосів (більше 3-4) належить виконувати будівлі прямокутної форми.

### 4. Роздільні і суміщені (коли в будівлі НС розміщений приймальний резервуар).

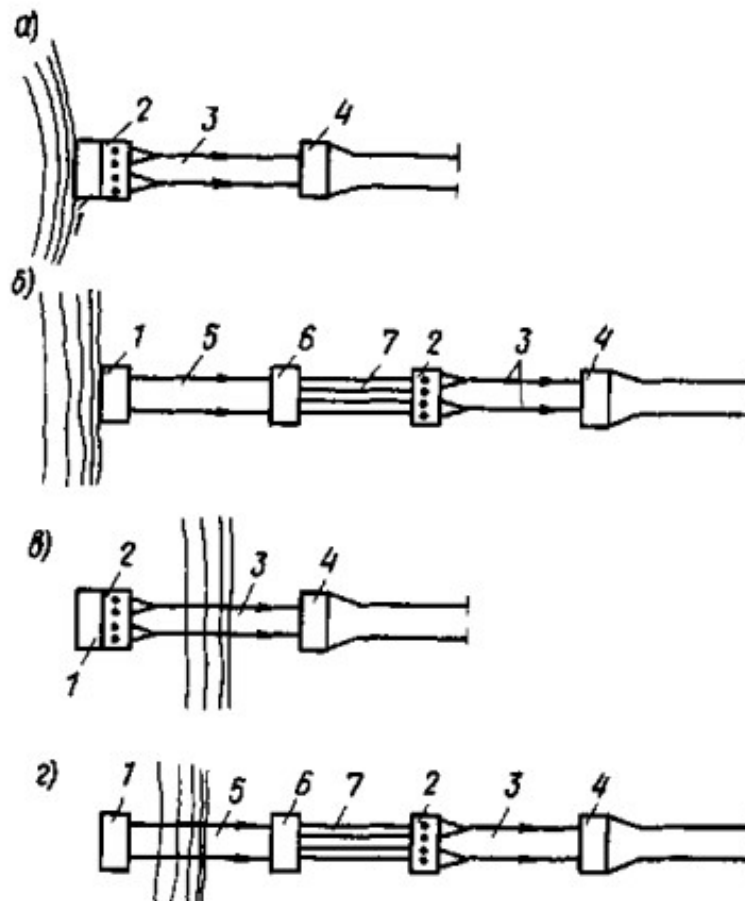


Рис.2.3. Принципові схеми компоновки споруд НС I підйому для забору води з поверхневих джерел.

а) берегова сумісного типу; б) берегова роздільного типу; в) руслова сумісного типу; г) руслова роздільного типу.

1.Водозабірні споруда; 2. Водоводи; 3.Водоприймальний резервуар;  
4.Всмоктувальні труби; 5.Будівля насосної станції; 6.Напірні трубопроводи;  
7.Водовипуск.

Насосні станції розділяються роздільні і сумісні в залежності від того суміщено водозабірну споруду з насосною станцією чи ні.

При наявності біля берега ріки або водосховища глибин, які забезпечують нормальні умови для забору води, і при відносно невеликих коливаннях рівня горизонту води (5-8 м), звичайно встановлюють **берегові насосні станції сумісного типу (рис.2.3а)**. В залежності від форми берегів і гідрогеологічних умов будівля станції може бути розташоване безпосередньо безпосередньо на березі у урізу максимального горизонту води або на деякому віддаленні від берега в кінці каналу для підводу води.

**Берегові насосні станції роздільного типу** використовують при широкій затоплюваності пойми. Водозабірні споруди розташовують поблизу урізу води максимального горизонту води, а будівля станції – біля берегової надпойменної тераси. Між водозабірною спорудою і будівлею насосної станції прокладають самоплинні труби (рис.2.3б).

При значних коливаннях горизонтів води (12-20 м) будівля насосної станції для забезпечення його устійності виносять в русло річки, тобто використовують **руслові сумісні насосні станції (рис.2.3в)**.

В умовах пологого русла річки і малих глибин рекомендується застосовувати **руслові насосні станції роздільного типу (рис.2.3г)**.

Руслові насосні станції застосовують також при заборі води з водосховищ. В цьому випадку при проектуванні насосної станції звичайно перевіряють доцільність суміщення насосної станції з греблею і використання в якості водозабору башні донного водовипуску або головної споруди поверхневого водозабору.

Переріз насосних станцій I підйому сумісного (рис.2.4а) і роздільного типу (2.4б) приведені на рис. 2.4.

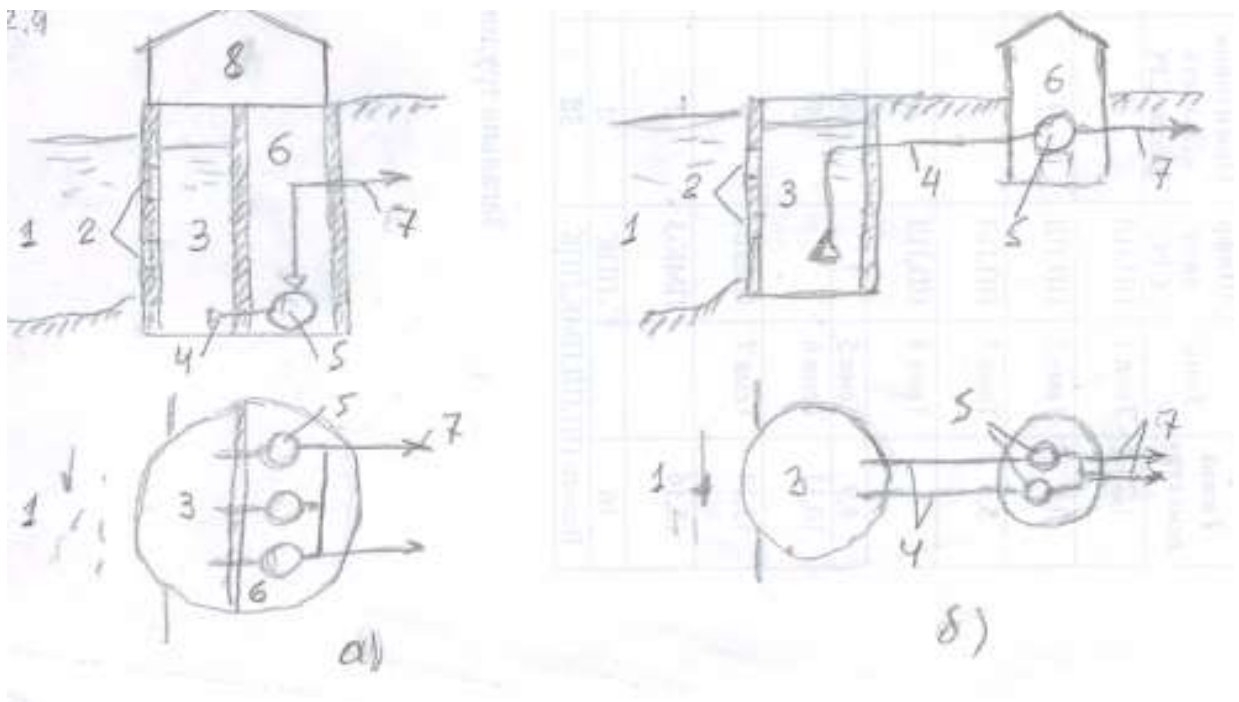


Рис.2.4. Переріз насосних станцій I підйому.

а) Н.ст. I підйому сумісного типу; б) Н.ст.I підйому роздільного типу.

1.Водойма. 2.Водоприймальні вікна. 3.Приймальний резервуар.

4.Всмоктувальні трубопроводи. 5.Насос. 6.Машинний зал. 7.Напірні трубопроводи. 8.Павільйон.

Водозабір з підземних вод, як правило, входять приймальні пристрої (свердловини, шахтні колодязі, променеві водозабори, горизонтальні водозбори, каптажі). В залежності від сумарної подачі насосної станції, потужності водоносного пласта і глибини його залягання можливі схеми **індивідуального** або **групового водозабору**. В першому випадку кожна свердловина обладнана своїм особистим насосом (рис.2.5а). Вода насосом подається в збірний трубопровід або безпосередньо у водоприймальну башту, а звідти в мережу або контррезервуар.

Застосування бурових свердловин в цілях водопостачання можливо і без встановлення в кожній з них дорогих артезіанських і занурених насосів, які підключені до загального водоводу, який закінчується у водозбірному колодязі і загальній для всіх свердловин насосній станції (рис.2.5б).



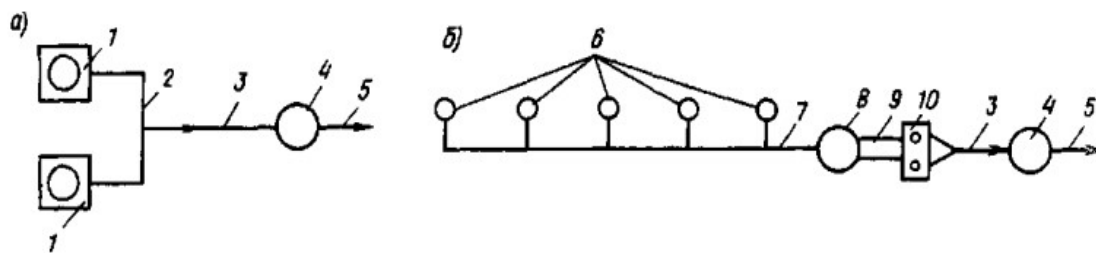


Рис.2.5. Схеми улаштування насосних станцій для забору підземних вод.

а) з індивідуальною насосною установкою; б) з груповим водозабором.

- 1.Свердловини з встановленими в них насосами.
- 2.Збірний колектор.
- 3.напірний трубопровід.
- 4.водонапірна башта.
- 5.Мережа трубопроводів.
- 6.Свердловини без насів.
- 7.Самоплинний трубопровід.
- 8.Збірний колодезь.
- 9.Всмоктувальні труби.
- 10.Насосна станція I підйому.

### 5. За типом насосного обладнання (рис.2.6):

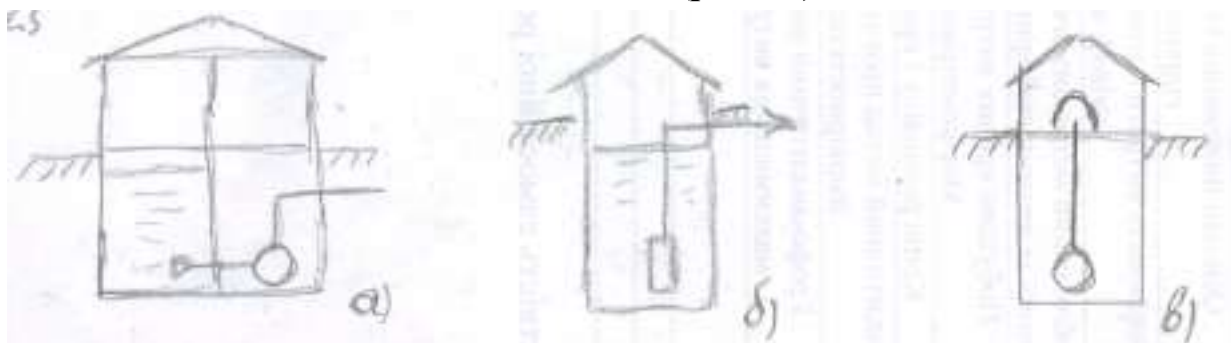


Рис.2.6. Н.Ст. з різним типом обладнання.

а)Насосні станції з сухим машинним залом. б)Н.ст. з зануреними насосами. в)Н.ст. з вертикальними насосами.

- 5.1. Насоси **горизонтальні**.
- 5.2. Насоси **вертикальні**.
- 5.3. **В сухому** машинному залі.
- 5.4. **Занурені**.

### 6. За характером управління:

- 6.1. **Ручне** - всі, або частина операцій по управлінню насосами виконується персоналом з приміщення насосної станції,
- 6.2. **Дистанційне** – управління з диспетчерського пункту за межами НС;
- 6.3. **Автоматичне** – управління автоматизоване від таких факторів, як рівні в приймальному басейні або в ВБ, тиску в трубопроводі, подачі НС;
- 6.4. **Напівавтоматичне** – включення, або відключення від поодинокі команди, а вся подальша робота – автоматизована.

**ТЕМА 3.**  
**КАТЕГОРІЇ НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ. РЕЖИМИ РОБОТИ**

**3.1. Категорії надійності**

В залежності від кількості населення  $N$ , що обслуговується, або від вимог промислових підприємств, за надійністю насосні станції поділяються на 3 категорії. За ДБН В.2.5-74. 2013.

Категорія.	Кількість населення	$Q_{\text{доб.}}, \text{м}^3/\text{доб.}$	Додаткові умови
I	$N > 50\ 000$	$> 40\ 000$	Забезпечувати пожежогасіння
II	$50\ 000 \geq N \geq 5\ 000$	$40\ 000 \div 3\ 000$	
III	$5\ 000 > N$	$< 3\ 000$	

Від категорії надійності залежить:

- функціонування НС під час аварії;
- кількість робочих насосів – для I категорії не менше 2;
- кількість резервних насосів;
- кількість усмоктувальних і напірних водоводів - для I і II категорії не менше 2;
- кількість незалежних ліній енергопостачання - для I і II категорії не менше 2;
- розміщення насосів під залив, або над рівнем води – для I тільки під залив;
- конструкція і матеріал будівлі.

**Функціонування НС під час аварії**

Категорія	При ліквідації аварії		
	$Q_{\text{ав}} / Q$	час	$Q_{\text{ав}} = 0$
I каналіз.	100%		По 10 хвилин протягом 3 діб
I водоп.	70%	$\leq 3$ доби	По 10 хвилин протягом 3 діб
II	70%	$\leq 10$ діб	По 6 годин протягом 3 діб
III	70%	$\leq 15$ діб	На 24 години

Для насосних станцій I категорії не допускається перерва в роботі насосів, так як це може привести до значних збитків народного господарства, пошкодження технологічного обладнання і порушенню складного технологічного процесу.

Для **насосних станцій II категорії** допускається короткочасна перервна в роботі насосів на термін, необхідний для включення резервних агрегатів, що викликає зменшення випуску продукції і перерву в роботі технологічного обладнання.

Для **насосних станцій III категорії** допускається перерва в подачі води споживачам на час ліквідації аварії, але не більше однієї доби; наприклад в населених пунктах з числом жителів до 5000 осіб, в допоміжних цехах, на поливні потреби і на зрошення.

### Кількість резервних агрегатів у групі

#### Насосні станції водопостачання

Кількість робочих насосів в НС першої та другої категорії повинно бути не менше 2

Робочих насосів	Резервних насосів		
	I	II	III
Категорія			
≤ 6	2	1	1
7 ÷ 9	2	1	-
> 9	2	2 (або 1 +1 на складі)	

Для окремої групи пожежних насосів – 1 резервний.

#### Насосні станції каналізації

Госпобутові води				Агресивні	
Роб.насосів	Резервних насосів			Роб.насосів	Резервних насосів
	I	II	III		
1	1+1 на складі	1	1	1	1+1 на складі
2	1+1 на складі	1	1	2-3	2
≥ 3	2	2	1+1 на складі	4	3
				≥ 5	≥ 50%

### 3.2. Розрахункові режими.

Режим роботи і подача насосної станції можуть бути встановлені тільки після того як будуть визначені витрати води і графік водоспоживання.

Як відомо, споживання води на господарсько-питні потреби і відведення використаних стічних вод в населеному пункті є нерівномірним протягом доби. Ця нерівномірність залежить від багатьох факторів, зокрема від чисельності населення, пори року, географічного положення, днів тижня. Приклад графіка погодинного водоспоживання і водовідведення населеного пункту в робочі і вихідні дні наведено на рис. 3.1.

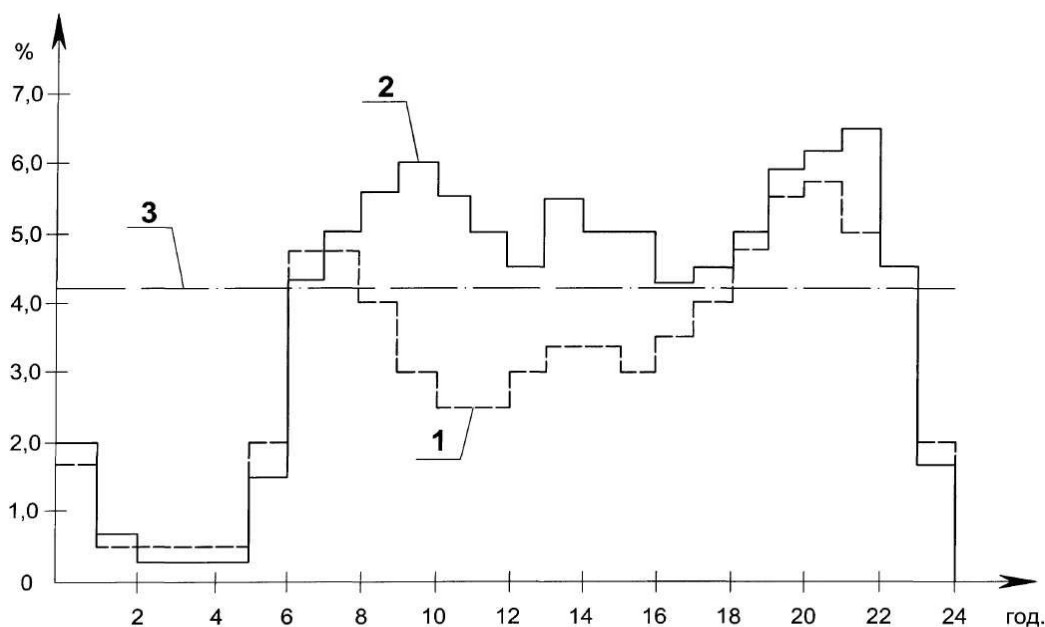


Рис. 3.1. Ступінчастий графік водопостачання і водовідведення населеного пункту:

1 – робочий день; 2 – вихідний день; 3 – подача Н.ст. I підйому (середньогодинна витрата); 4 – перша ступінь подачі насосів Н.ст. II підйому; 5 – друга ступінь подачі насосів Н.ст. II підйому. 6. Об’єм води, який надходить в РЧВ; 7. Об’єм води, який видаляється з РЧВ.

На графіку на осі абсцис відкладено години доби, на осі ординат – відсоток витрати добового водоспоживання і водовідведення. Позиції 1 і 2 позначають витрату води, яка подається насосною станцією другого підйому (Н.ст. II п.) до міста, позиція 3 – графік подавання води насосною станцією першого підйому (Н.ст. I п.).

Ще більшою є нерівномірність водоспоживання в межах одної години, однак відобразити годинну нерівномірність у конкретних розрахунках важко.

Для суміщених госппобутово-протипожежних водопроводів в насосних станціях розглядаються такі режими:

Доба максимального водоспоживання  $Q_{\text{доб,мах}}$ :

а)  $Q_{\text{год,мах}}$

- б)  $Q_{\text{год, max}} + \text{аварія на водоводах}$
- в)  $Q_{\text{год, max}} + Q_{\text{пож}}$
- г)  $Q_{\text{год, mid}}$  (середньогодинна)
- д)  $Q_{\text{год, mid}} + \text{аварія на водоводах}$
- е)  $Q_{\text{год, min}}$

Доба середнього водоспоживання  $Q_{\text{доб, mid}}$ :

- ж)  $Q_{\text{год, mid}}$

Доба мінімального водоспоживання  $Q_{\text{доб, min}}$ :

- ж)  $Q_{\text{год, mid}}$

При розрахунках НС-1 перевіряються такі режими:

- г) при мін. рівні води в джерелі водопостачання,
- г) при макс. рівні води в джерелі водопостачання,
- д) при мін. рівні води в джерелі + пожежогасіння.

**ТЕМА 4.**  
**РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ**  
**НАСОСНИХ СТАНЦІЙ І ПІДЙОМУ**

**4.1. Подача при надходженні води на очисні споруди.**

Як правило, станцію І підйому в цьому випадку розраховують на подачу середньогодинної витрати за добу максимального водопостачання з урахуванням витрати води на особисті потреби насосної станції І підйому і очисної станції. Середню годинну подачу насосної станції, м<sup>3</sup>/год, визначають за формулою

$$Q_{год.год} = \frac{\alpha \cdot Q_{макс.доб}}{T},$$

(4.1)

де  $Q_{макс.доб}$  – максимальна добова витрати, м<sup>3</sup>/доб;

$\alpha$  – коефіцієнт, який враховує витрату води на особисті потреби станції:

1,04 – 1,1 – залежить від якості води і схеми очисної станції;

T – час роботи насосної станції, звичайно 24 год.

**Визначення напору насосів насосної станції І підйому.**

Необхідний напір насосів станції І підйому визначають у відповідності з прийнятою схемою її подачі.

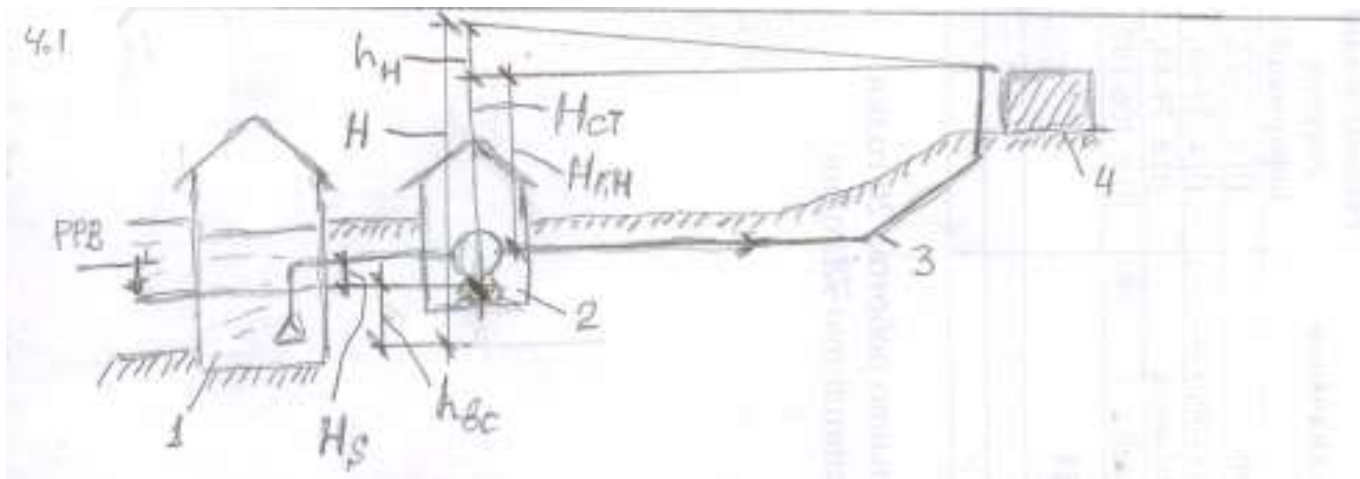


Рис.4.1. Схема подачі води насосною станцією І підйому від водозабору до очисних споруд.

1.Водозбірний колодезь. 2.Н.ст.І підйому. 3.Напірний трубопровід.

4.Очисні споруди водопостачання.

При подачі води на очисні споруди (4.1) повну висоту підйому насосів, м, визначають за формулою

$$H = H_{ст} + h_{вс} + h_{наг} + 1, \quad (4.2)$$

де  $H_{ст} = H_S + H_{г.н}$  – статичний напір, тобто напір різниці відміток рівнів води в джерелі і у змішувача на очисних спорудах;

$H_S$  – геометрична висота всмоктування, тобто різниця відміток осі насосів і самого нижнього рівня води у водоприймальному колодязі;

$H_{г.н}$  – геометрична висота нагнітання, тобто різниця відміток осі насосів і рівня води в спорудах (куди вона подається), визначається за умови подачі води у змішувач очисної станції (при попередніх розрахунках можна приймати 4 – 6 м над поверхнею землі);

$h_{вс}$  і  $h_{н}$  – втрати напору відповідно у всасуючому і нагнітальному трубопроводах;

1 – запас напору на вилив води в трубопроводах, м.

#### **4.2. *Подача при надходженні води без очистки в резервуари.***

Середньогодинна витрата насосної станції I підйому в добу максимального водопостачання для цього випадку визначається за формулою

$$Q_{год.дод} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{макс.дод}}{T}, \quad (4.3)$$

де  $\alpha_1$  – коефіцієнт, який враховує витрату води на особисті потреби водопроводу, приймається рівним  $\alpha_1 = 1,01 - 1,02$ ;

$T = 24$  год. – час роботи насосної станції на протязі доби.

Схема подачі води для цього випадку аналогічна приведена на рис. 4.1, де позиція 4 представляє резервуар чистої води.

Подача води без очистки на господарсько-побутові потреби можлива лише при використанні артезіанських вод. Вода подається зразу в РЧВ.

Така схема може бути застосована при подачі води на виробничі потреби, якщо вода в джерелі відповідає потребам виробництва.

Така схема називається прямоочною.

При подачі води в резервуари чистої води з артезіанських свердловин повну висоту підйому води насосами визначають за формулою

$$H = H_{ст} + h_{св} + h_{в} + 1, \quad (4.4)$$

де  $H_{ст}$  – статичний напір, тобто різниця відміток динамічного рівня і максимального рівня в збірному резервуарі;

$h_{св}$  – втрати у свердловині на обтікання зануреного насосу при вході води у приймальну сітку;

$h_{в}$  – втрати у збірному трубопроводі від свердловини до резервуару.

### 4.3. *Подача води без очистки безпосередньо споживачам*

Також використовується вода із артезіанських свердловин. Якщо ця вода використовується і для пожежогасіння, то улаштовується декілька резервних свердловин, які включаються тільки при пожежі. Витрата свердловин в цьому випадку буде

$$Q_{год.від} = Q_{пож} + \frac{\alpha \cdot Q_{макс.доб}}{T}, \quad (4.5)$$

де  $Q_{пож}$  – витрата на протипожежні потреби.

Схема подачі води для цього випадку аналогічна приведеній на рис. 4.1, де позиція 4 відповідає висоту споруд споживачів.

При подачі води безпосередньо у водопровідну мережу повну висоту підйому насосами, м, визначають за формулою

$$H = H_p + h_{вм} + h_v + H_{вн}, \quad (4.6)$$

де  $H_p$  – різниця відміток розрахункового рівня води в джерелі і геодезичної відмітки диктуючої точки;

**Диктуючою** називають точку на водопровідній мережі, яка найбільш віддалена від джерела водопостачання (по горизонталі і по вертикалі) і розташована на найбільш навантаженому напрямку.

$h_{вм}$  – втрати напору у водоводах і водопровідній мережі, які визначаються гідравлічним розрахунком;

$H_{вн}$  – необхідний вільний напір в точці водопровідної мережі, яка прийнята розрахункову (диктуючи точка).



## ТЕМА 5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ II ПІДЙОМУ

### 5.1. Загальні відомості

Насосні станції II підйому подають воду безпосередньо споживачам, і тому подачу насосної станції II підйому визначають в залежності від режиму водоспоживання населеного пункту.

Наприклад режим водоспоживання відповідає графіку на рис. 5.1

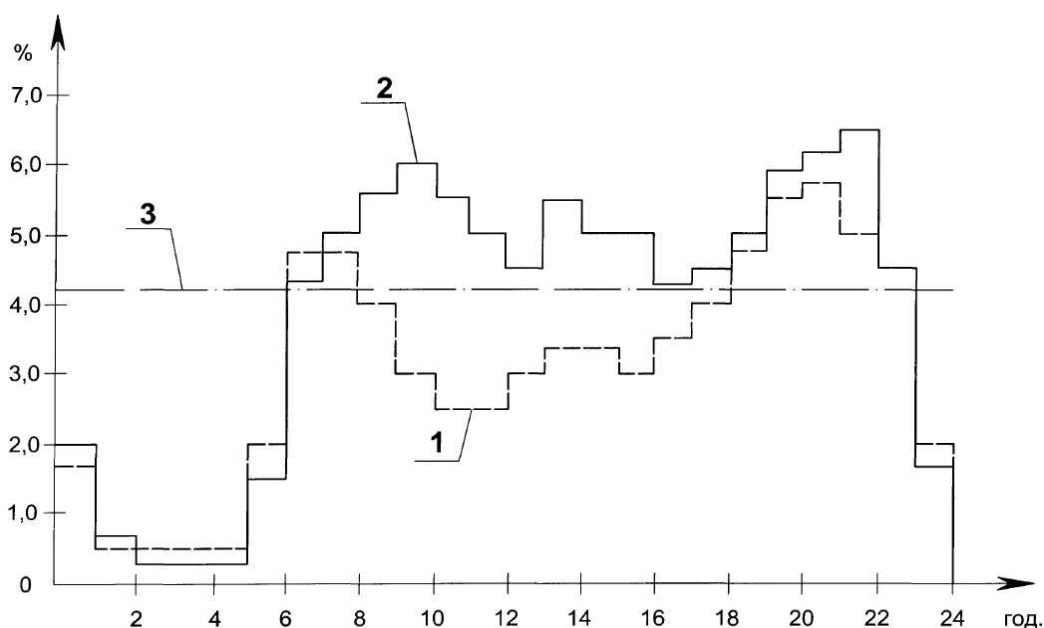


Рис. 5.1. Ступінчастий графік водопостачання населеного пункту:

- 1 – графік водоспоживання; 2 – перша ступінь подачі насосів Н.ст. II підйому; 3 – друга ступінь подачі насосів Н.ст. II підйому.  
4. Об'єм води, який надходить в акумулюючу ємність; 5. Об'єм води, який надходить у водопровідну мережу з акумулюючої ємності.

Графік режиму роботи Н.ст. II підйому приймають за умови максимального наближення його до графіку водоспоживання населеного пункту (об'єкта). Але повного співпадіння графіків досягти неможливо. При дуже близькому співпадінні необхідно буде дуже часто включати насоси насосної станції II підйому. А це призведе до швидкого зношення цих насосів і виходу їх з ладу.

**Тому обов'язково графік водоспоживання міста і графік роботи насосів насосної станції II підйому будуть мати певні розбіжності.**

При подачі води насосами II підйому, яка більша водоспоживання, надлишок води надходить в акумулюючу ємність (водонапірна башта). В години, коли водоспоживання перевищує подачу, недостаюча вода надходить в мережу з акумулюючої ємності. Таким чином, чим більше різниця між подачею і споживанням води, тим більше повинна бути акумулююча ємність (водонапірна башта).

При визначенні подачі насосної станції II підйому необхідно знайти оптимальний варіант режиму роботи насосної станції мінімальний об'єм акумулюючої ємності і найменша частота включення насосних агрегатів. Роботу Н.ст. II підйому приймають двух- або трьохступінчату (ступінчатою називають роботу різного числа насів в різні години доби). (Підбір марки цих насосів і їх кількості і є головним і складним при розрахунку Н.ст. II підйому).

Рівномірний режим роботи насосів рекомендується для систем водопостачання з подачею не більше 15000 м<sup>3</sup> за добу, так як при більшій подачі потрібні будуть дуже великі акумулюючі ємності.

При ступінчатій роботі Н.ст. II підйому об'єм акумулюючої ємності приймають 2,5-6%, при рівномірній роботі 8-15% добової подачі станції.

Загальний об'єм акумулюючої ємності (водонапірної башти визначають як суму надходжень і видалень всіх об'ємів води по годинах ступінчатого графіка водопостачання (рис.5.1).

Розглядають три розрахункових режими Н.ст. II підйому.

## **5.2. Подача води НС-II з безбаштовою розподільчою мережею безпосередньо споживачам**

В цьому випадку насоси забирають воду з РЧВ і подають її безпосередньо споживачам. Подача і напір розраховуються для години максимального водоспоживання. Розрахунок проводиться після виконання гідравлічного розрахунку водоводів і міської водопровідної мережі.

Схема для визначення розрахункового напору НС аналогічна схемі водопостачання Н.ст. I підйому для випадку подачі води безпосередньо споживачам (рис.5.2)

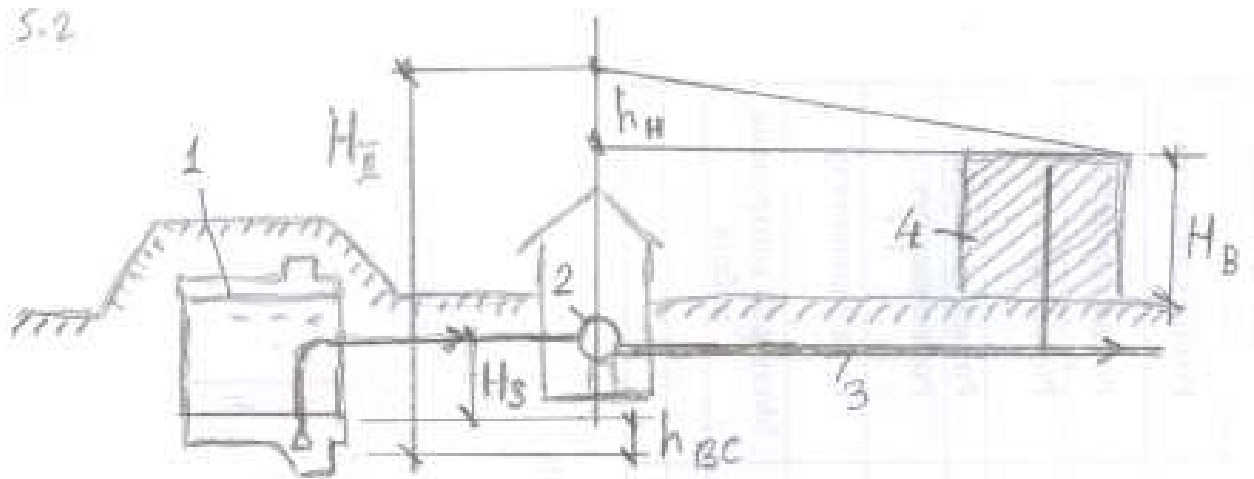


Рис.5.2. Схема подачі води в мережу безпосередньо споживачам.  
 1.РЧВ. 2.Н.ст. II підйому. 3.Напірна мережа трубопроводів.  
 4.Забудова споживачів.

Необхідний напір насосів Н.СТ.II підйому для цього випадку визначається за формулою

$$H_{\text{НС}} = H_{\text{geom}} + h_{\text{усм}} + h_{\text{НС}} + h_{\text{вдв}} + h_{\text{нв}} + h_{\text{вм}}, \quad (5.1)$$

де  $H_{\text{geom}}$  - перепад між гарантованою висотою подачі води в диктуючій точці і рівнем пожежного запасу в РЧВ;

$h_{\text{усм}}$  – гідравлічні втрати в усмоктувальних трубопроводах,

$h_{\text{НС}}$  - гідравлічні втрати в НС;

$h_{\text{вдв}}$  - гідравлічні втрати у водовимірювачах;

$h_{\text{нв}}$  - гідравлічні втрати в напірних водоводах;

$h_{\text{вм}}$  - гідравлічні втрати мережі міста.

### 5.3. Подача води НС-II з транзитною водонапірною баштою (башта встановлена на початку мережі)

Між НС і споживачами розміщена регулююча ємність – водонапірна башта (ВБ). В годину максимального водоспоживання частина води може подаватися з ВБ, зменшуючи подачу НС:

$$Q_{\text{НС}} = Q_{\text{год.мах.}} - Q_{\text{ВБ}}. \quad (5.2)$$

Можлива величина подачі від ВБ залежить від ємності бака ВБ ( $W_{\text{ВБ}}$ ) і добирається з графіка водоспоживання і подачі НС (див. рис. 5.1). За теперішньою технічною модою об'єм водонапірного баку приймається не більше  $300\text{ м}^3$  (хоча розроблені типові проекти водонапірних башен з об'ємом баків до  $800\text{ м}^3$  – називаються башти Рожновського (металічні).

Заповнюється бак в години малого водоспоживання.

Схема для визначення розрахункового напору НС з транзитною баштою (башто на початку мережі) приведена на рис.5.3.

Повна висота підйому насосів, м для цього випадку визначається за формулою

$$H_{НС} = H_{geom} + h_{усм} + h_{вдв} + h_{нв}, \quad (5.3)$$

де  $H_{geom}$  – перепад між максимальним рівнем води у ВБ і рівнем пожежного запасу в РЧВ.  $H_{geom}$  – враховує висоту ВБ (необхідний напір на початку міської мережі і висоту бака ВБ). Для першого наближення висоту бака ВБ можна приймати як  $\sqrt[3]{W_{ВБ}}$ . Тут  $W_{ВБ}$  – об'єм бака водонапірної башти. Це інколи приводить до збільшення потрібних напорів НС.

$h_{усм}$  – гідравлічні втрати в усмоктувальних трубопроводах,

$h_{вдв}$  - гідравлічні втрати у водовимірювачах;

$h_{нв}$  - гідравлічні втрати в напірних комунікаціях і водоводах від насосної станції до водонапірної башти.

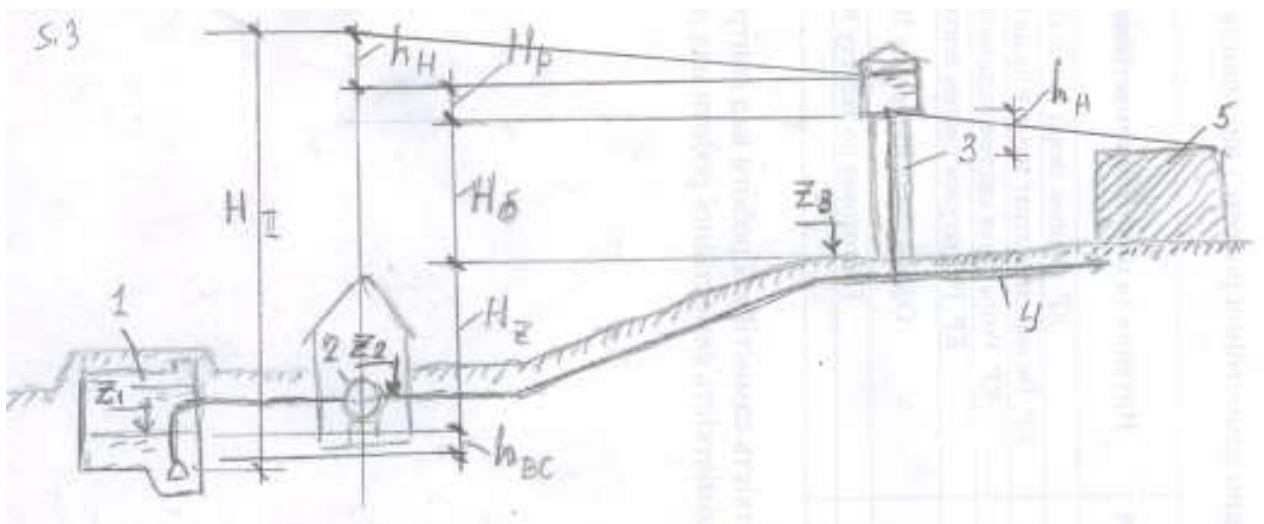


Рис.5.3. Схема подачі води з установкою башти на початку мережі.

1.РЧВ. 2.Н.ст. і підйому. 3.Водонапірна башта. 4.Напірна мережа трубопроводів. 5. Забудова споживачів.

#### 5.4. Подача води НС-II з водонапірною баштою, яка встановлена в кінці мережі (контррезервуаром)

Якщо за містом існує підвищення, на якому розміщується резервуар, що буде виконувати роль ВБ, то схема називається з **контррезервуаром**.

Перевага такої схеми полягає в можливості збільшити  $W_{крз}$  (об'єм контррезервуару), забезпечивши рівномірну подачу НС протягом доби. Вадюю

схеми є транспортування частини води за точку споживання, а потім повертання її назад. Подвійний шлях.

Для НС-II з контррезервуаром необхідно перевіряти два режими:

1. в годину максимального водоспоживання, коли частина води подається Н.ст. II підйому, а друга частина поступає з водонапірної башти;
2. в годину мінімального водоспоживання, коли вода, що подається насосом, поступає в основному транзитом в башню.

Схема для визначення розрахункового напору НС з контррезервуаром приведена на рис.5.4.

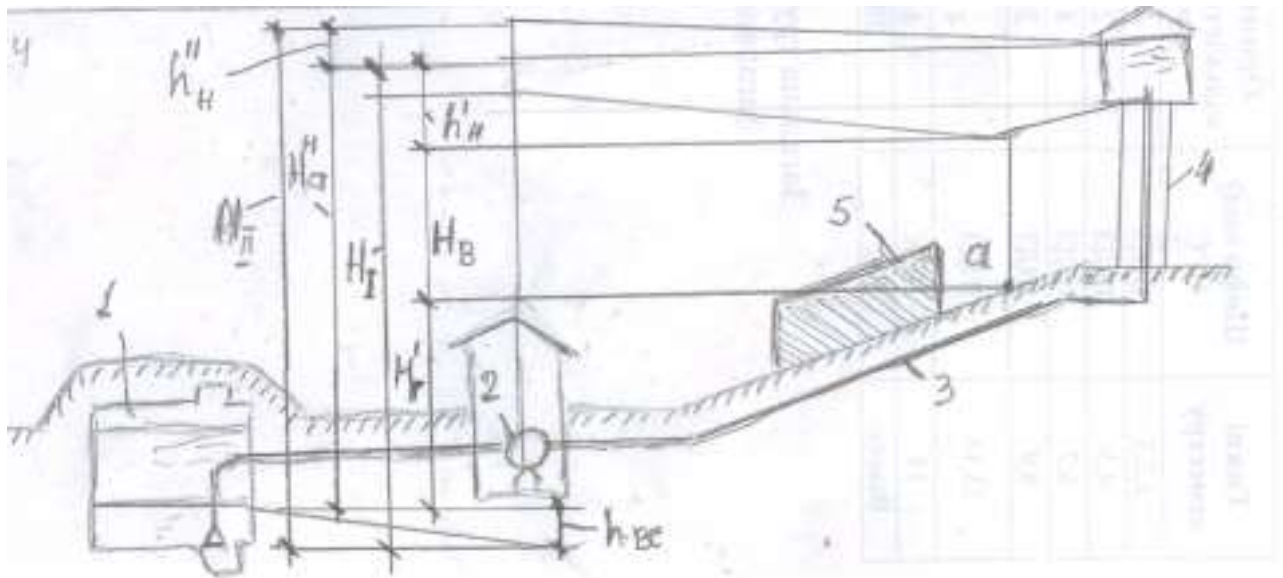


Рис. 5.4. Схема подачі води з контррезервуаром (установкою водонапірної башти на в кінці мережі).

- 1.РЧВ. 2.Н.ст. I підйому. 3.Напірна мережа трубопроводів.
- 4.Водонапірна башта (контр резервуар). 5. Забудова споживачів.

При максимальному водоспоживанні повну висоту підйому насосів, м, визначають за формулою

$$H_{НС} = H_{геом} + h_{усм} + h_{НС} + h_{вдв} + h_{вн}, \quad (5.4)$$

де  $H_{геом}$  – геометрична висота підйому води, тобто різниця відміток точки сходу  $\alpha$  і розрахункового рівня води в резервуарі: місце положення точки сходу визначається в результаті розрахунку мережі;

$h_{НС}$  - втрати напору в напірних комунікаціях насосної станції, в водоводах і мережі до точки сходу  $\alpha$ ;

$h_{вдв}$  - гідравлічні втрати у водовимірювачах;

$h_{вн}$  – необхідний вільний напір в мережі.

При мінімальному водоспоживанні напір насосів визначають за умови транзитної подачі води в башню. Повну висоту підйому насосів, м, в цьому випадку визначають за формулою

$$H_{\text{НС}} = H_{\text{ст}} + h_{\text{усм}} + h_{\text{НС}} + h_{\text{вдв}} + h_{\text{нв}}, \quad (5.5)$$

де  $H_{\text{ст}}$  – статичний напір, тобто різниця відміток розрахункового рівня води в резервуарі і рівня води в баку водонапірної башти;

$h_{\text{нв}}$  – втрати напору в напірних трубопроводах, водоводах, мережі і з'єднаних лініях “мережа – башта”.

Напір насосів належить приймати рівним найбільшому з отриманих за розрахунком. Як правило, виходить, що найбільший напір у насосів визначається при транзитній подачі води в башню.

На трубопроводі до КРЗ (контррезервуара) вода може йти як від КРЗ, так і до КРЗ.

### 5.5. Режим роботи НС-II при гасінні пожеж

При об'єднаних госпбютово–протипожежних водопроводах НС повинна забезпечити збільшену подачу з урахуванням пожежної витрати води в годину максимального водоспоживання

$$Q_{\text{НС}}^{\text{п}} = Q_{\text{год.макс.}} + q^{\text{п}}, \quad (5.6)$$

де  $q^{\text{п}}$  – витрата води на пожежогасіння.

При визначенні розрахункової витрати при пожежі береться витрата в годину максимального водопостачання, при якому не враховується витрата води на поливку території, а в системах промислових водопроводів не враховують витрату води на прийом душу, миття підлог в промислових будівлях і мийку технологічного обладнання.

Схема для визначення розрахункового напору НС при гасінні пожежі приведена на рис. 5.5.

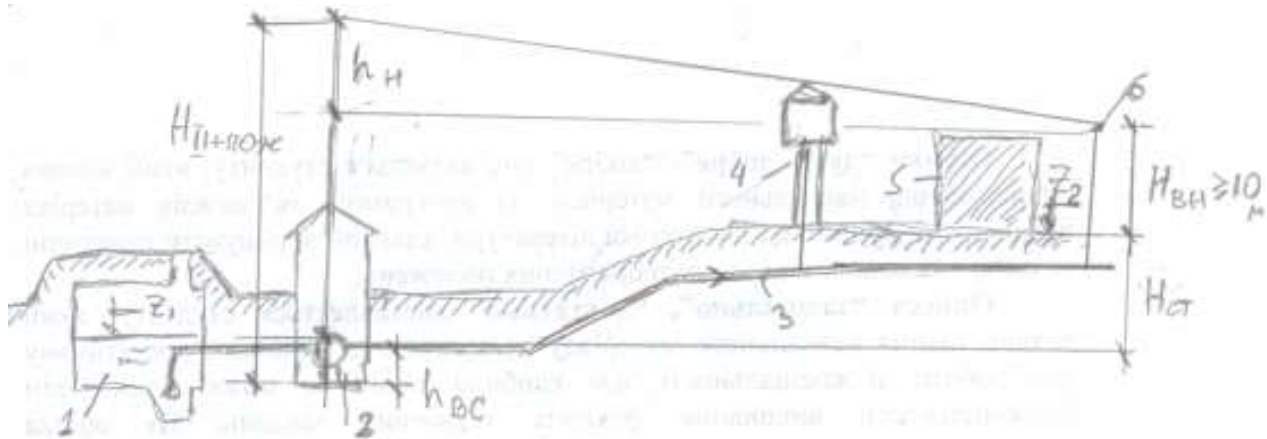


Рис. 5.5. Схема подачі води в годину максимального водопостачання при гасінні пожежі. Випадок, коли необхідний напір для пожежогасіння більше напору, який розвивають господарські насоси.

- 1.РЧВ. 2.Н.ст. I підйому. 3.Напірна мережа трубопроводів.
- 4.Водонапірна башта. 5.Забудова споживачів. 6.Диктуюча точка при пожежогасінні.

Повна висота підйому води, м, в момент пожежі визначається за формулою

$$H_{\text{НС. пож}} = H_{\text{ст. п}} + h_{\text{НС}} + h_{\text{н}} + H_{\text{вн}}, \quad (5.5)$$

де  $H_{\text{ст. п}}$  – статичний напір, тобто різниця відміток землі в розрахунковій точці пожежі і розрахункового пожежного рівня води в резервуарі;

$h_{\text{НС}}$  - втрати напору в трубопроводах насосної станції при пожежі;

$h_{\text{н}}$  – втрати напору у водоводі і водопровідній мережі ві насосної станції до місця виникнення пожежі;

$H_{\text{вн}}$  – вільний напір в розрахунковій точці виникнення пожежі (не менше 10 м).

При визначенні втрат в усмоктуючих і напірних трубопроводах насосної станції при пожежі (витрата  $Q_{\text{макс.год}} + q_{\text{пож}}$ ) коефіцієнт запасу втрат напору у всмоктувальних трубопроводах приймається – 2,5 м; в напірних – 5 м.

В РЧВ приймається мінімальний рівень, в диктуючій точці – вільний напір при пожежі, тільки 10 м.

При визначенні необхідного напору при пожежогасінні можливо виникнення трьох варіантів:

1. Необхідний напір для пожежогасіння більше напору, який розвивають господарські насоси.
2. Необхідний напір для пожежогасіння менше напору, який розвивають господарські насоси.
3. Необхідний напір для пожежогасіння менше напору в режимній точці роботи насосів до виникнення пожежі.

В першому випадку треба встановлювати протипожежні насоси, які забезпечують необхідний максимальний господарський і протипожежний необхідний напір і витрату. При роботі протипожежних насосів господарські насоси виключають.

В другому випадку встановлюють протипожежні насоси такого ж типорозміру, як і господарські, з подачею рівною витраті, яка необхідна виключно для гасіння пожежі.

В третьому випадку необхідна сумарна витрата при необхідній висоті підйому води забезпечується господарськими насосами за рахунок зменшення розрахункового напору насосів на випадок пожежогасіння.

В зв'язку з короткочасністю пожежогасіння допускається робота насосів поза робочої зони характеристик насосів, з деяким зниженням коефіцієнта корисної дії.



## ТЕМА 6.

### КОНСТРУЮВАННЯ МАШИНОЇ ЗАЛИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

В залежності від місцевих умов (вертикальне планування майданчиків насосних станцій) і встановленого обладнання будівлі насосних станцій можуть проектуватися наземними і заглибленими.

#### *6.1. Вертикальне компонування машинної зали.*

Існує два способи визначення положення по висоті насосного обладнання: а) вище розрахункового рівня в приймальному резервуарі; б) під залив.

Схема установки насосного обладнання вище рівня води в приймальному резервуарі приведена на рис.6.1.

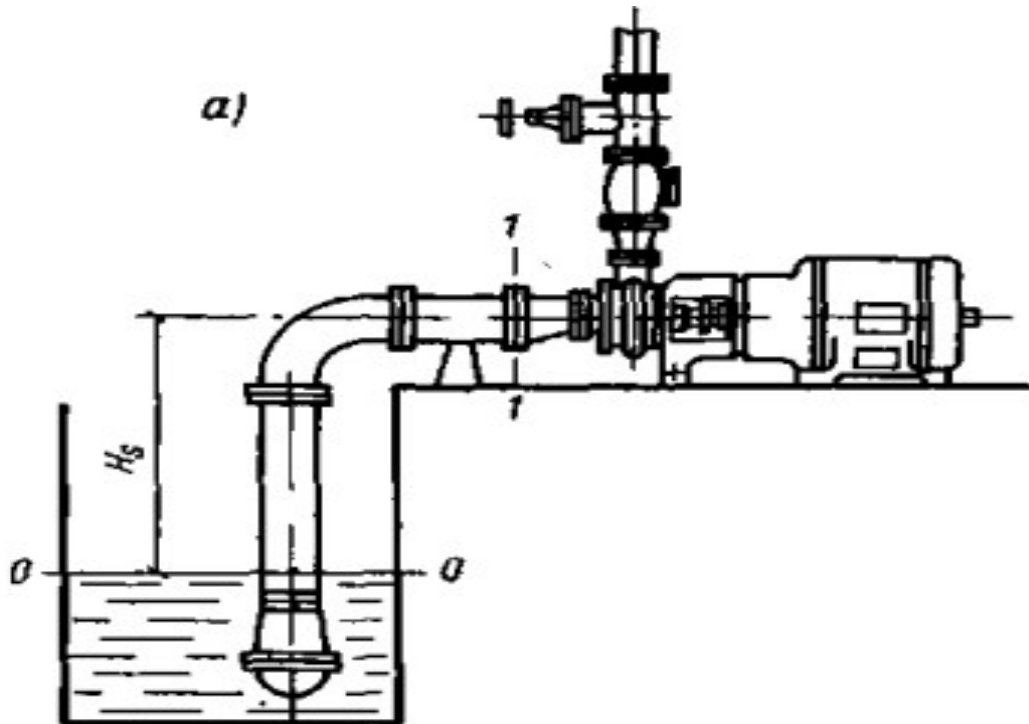


Рис. 6.1. Схема установки насоса вище рівня води в резервуарі.

У насосних станціях II та III категорій допускається встановлення насосів вище рівня води в приймальному резервуарі (не під залив), при цьому для заливу насосів потрібно передбачати вакуум-насоси та вакуум-котел.

У насосних станціях III категорії з діаметром всмоктувальних трубопроводів до 200 мм допускається встановлення зворотних приймальних клапанів.

Максимальна допустима висота від розрахункового рівня води в приймальному резервуарі до осі насоса визначається із співвідношення (рис.6.1),

$$H_s^{\text{доп}} = H_{\text{вак}}^{\text{доп}} - h_{\text{вс}},$$

де  $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$  - допустима вакууметрична висота усмоктування,

$h_{\text{вс}}$  - гідравлічні втрати у всмоктувальних водоводах .

Або:

$$H_s^{\text{доп}} = (p_0 - p_p)/\rho g - \text{NPSH} - h_{\text{вс}},$$

де  $p_0$  – тиск в приймальному резервуарі,

$p_p$  - тиск пароутворення,

NPSH - аналог кавітаційного запасу.

Схема установки насосного обладнання під залив приведена на рис.6.2.

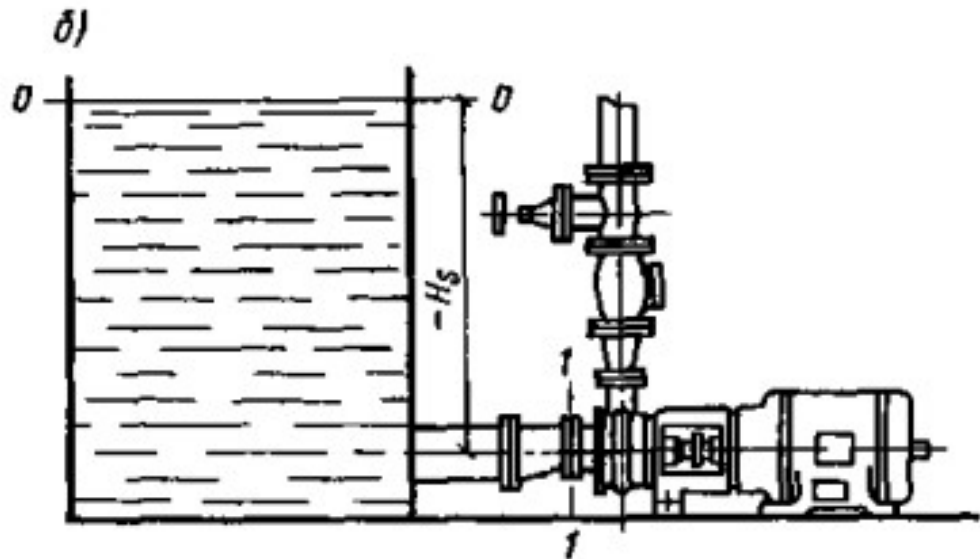


Рис.6.2. Схема установки насоса під залив.

Для НС I категорії насоси повинні встановлюватися під залив. В НС, що забезпечують пожежогасіння, верх корпусу насоса розміщується на 0,5 м нижче розрахункового рівня увімкнення. Розрахунковим рівнем для НС-II приймається рівень пожежного запасу в РЧВ. При 2-х і більше пожежах (2 і більше додаткових насосах при пожежі), розрахунковий рівень – на глибині, що відповідає половині ПЗ (протипожежного запасу). Позначка осі насоса визначається за конструктивним розміром від верха до осі насоса.

Підлога машинної зали (МЗ) повинна бути на 0,5м нижче електродвигунів, щоб запобігти їх затопленню при аварії. Виключення - для

герметичних моноблок насосів. При визначенні позначки підлоги слід враховувати вертикальне розміщення трубопроводів.

## 6.2. Розміри машинної зали в плані. Розташування насосних агрегатів

Розташування насосних агрегатів і трубопроводів в будівлі насосної станції повинно забезпечувати надійність дії основного і допоміжного обладнання, а також простоту і безпеку його обслуговування. Обладнання звичайно компонують виходячи з мінімальної протяжності внутрішніх комунікацій і з урахуванням можливості розширення станції в майбутньому.

Схема розташування насосних агрегатів в будівлі насосної станції визначається типом, розміром і числом насосних агрегатів.

Для відцентрових насосів з горизонтальним валом найбільше розповсюдження отримали такі основні схеми розташування насосних агрегатів (рис.6.3): однорядне паралельно повздовжній вісі станції; однорядне перпендикулярно повздовжній вісі станції; однорядне під кутом до повздовжньої вісі; двохрандне; двохрандне у шахматному порядку.

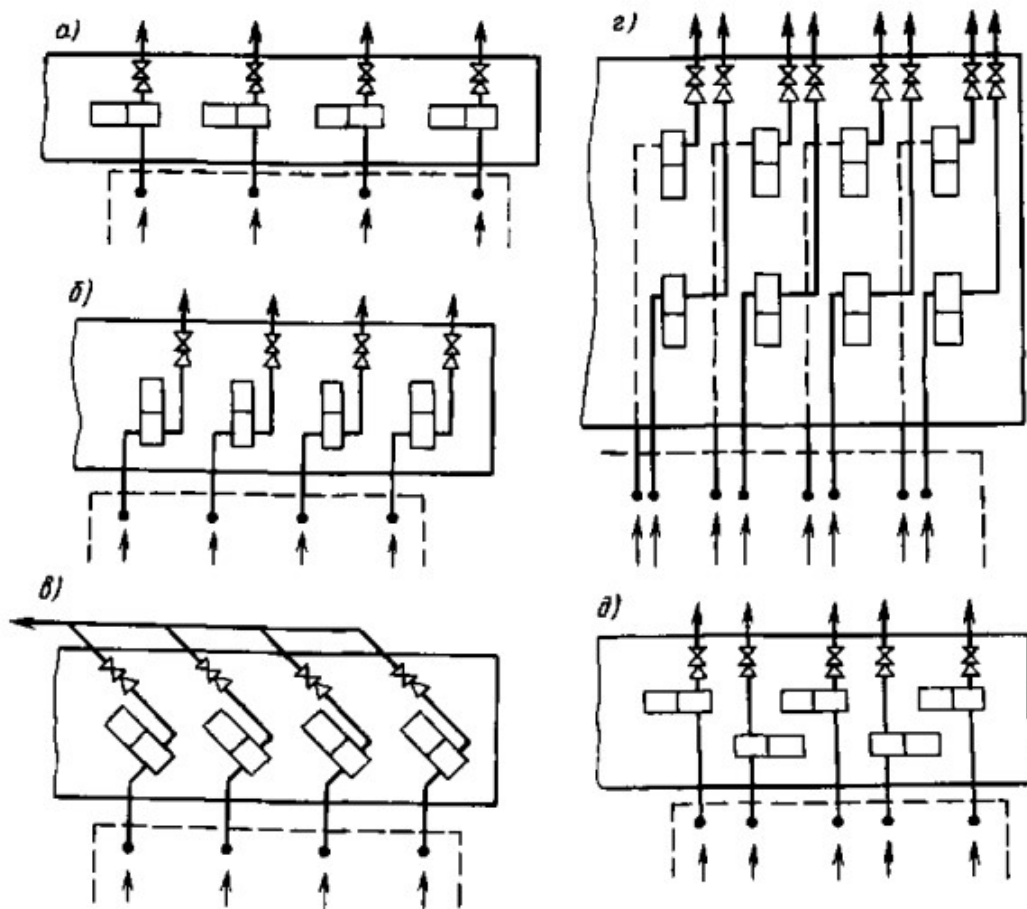


Рис.6.3. Схеми розташування насосів.

а) однорядне паралельно повздовжній осі; б) однорядне перпендикулярно повздовжній осі; в) однорядне під кутом до повздовжньої осі; г) двохрядне; д) двохрядне у шахматному порядку.

а) **однорядне** розташування агрегатів **паралельно повздовжній вісі станції** (перевага – компактність розміщення обладнання і невелика ширина машинної зали. Недолік – велика довжина будівлі насосної станції. Ця схема рекомендується при невеликій кількості агрегатів);

б) **однорядне** розташування агрегатів **перпендикулярно повздовжній вісі станції** (перевага – компактність розміщення обладнання і значно менша довжина машинної зали);

в) **однорядне** розташування агрегатів **під кутом до повздовжньої вісі** (перевага – можна суттєво зменшити ширину будівлі машинної зали за рахунок невеликого збільшення її довжини);

г) **двохрядне** розташування агрегатів (перевага – схема використовується при великій кількості насосних агрегатів різного призначення, відповідно і різного розміру. При такому розміщенні агрегатів значно збільшується прольот будівлі і ускладнюється комунікація трубопроводів);

д) **двохрядне** розташування агрегатів у **шахматному порядку** (схема використовується при великій кількості крупних агрегатів. Розміщення трубопроводів більш компактне).

Прохід між агрегатами не менше 1 м при установці електродвигунів напругою до 1000 В і не менше 1,2 при установці електродвигунів більш високої напруги. В усіх випадках відстань між виступаючими нерухомими частинами обладнання повинна бути не менше 0,7 м. Відстань від довгих сторін насосних агрегатів до стін повинна бути не менше 1 м. Прохід між агрегатами і електророзподільним щитом повинна біти не менше 2 м.

Ширину проходів між виступаючими частинами насосів, трубопроводів і двигунів належить приймати не менше: а – між агрегатами – 1 м; в – між агрегатами і стіною – 1 м, в заглиблених станціях – 0,7 м; с – між нерухомими виступаючими частинами обладнання і трубопроводів – 0,7 м.

В будівлях насосних станцій, обладнаних невеликими насосами с електродвигунами з напругою до 1000 В і діаметром напірного патрубку до 100 мм включно, допускається установка агрегатів безпосередньо біля стін, також установка двох агрегатів на одному фундаменті без проходу між ними, але з проходом навкруги них шириною не менше 0,7 м.

Деяке (до 25 – 30%) зменшення цих розмірів допускається при розміщенні обладнання в заглиблених насосних станціях з машинними будівлями шахтного типу.

В наземній і частково заглибленій насосних станціях агрегати встановлюють на окремих фундаментах (рис.6.4).

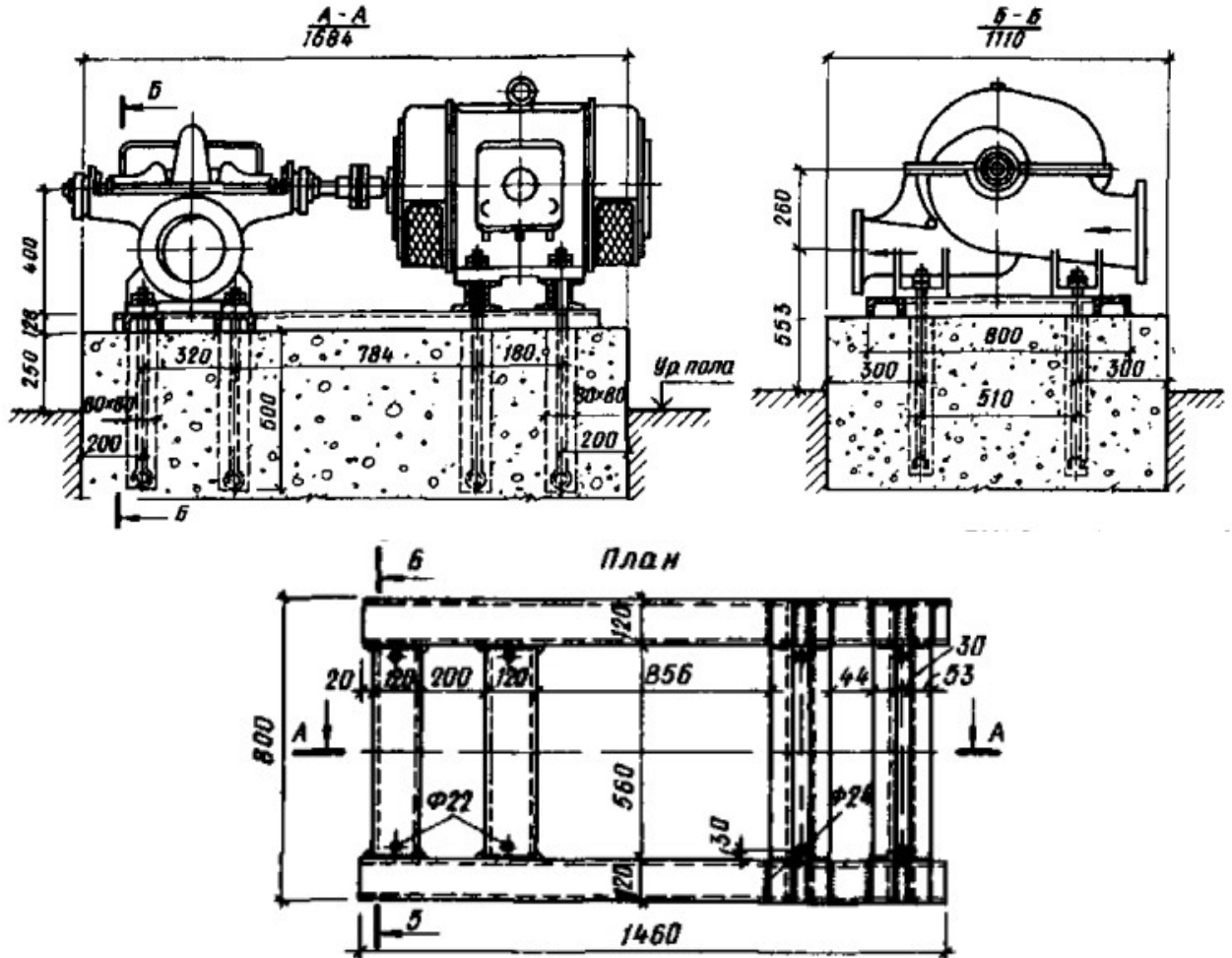


Рис.6.4. Окремий бетонний фундамент з металевою фундаментною плитою.

Ширину і довжину фундаменту приймають на 10 – 15 см більше ширини і довжини плити або рами, на якій змонтовані насос і привідний електродвигун.

Глибина закладення фундаменту залежить від розташування всмоктувальних і напірних трубопроводів і визначається розрахунком з урахуванням ґрунту основи. В усіх випадках вона повинна мати не менше 50 – 70 см, а також не менше глибини закладення фундаментів сусідніх агрегатів. Висоту фундаменту над рівнем чистого підлоги машинної зали приймають не менше 10 см.

**Практична рекомендація** - маса бетонного відрізного фундаменту під насосний агрегат повинна бути не менше ніж в 6 – 8 разів більшою ніж маса насосного агрегату (маса насосу плюс маса електродвигуну).

Між фундаментами окремих агрегатів, стін і колон всередині будівлі станції належить передбачати розриви; в місцях спряження фундаментів з підлогою необхідно влаштовувати осадкові шви.

Опорні плити або рами скріплюють з фундаментами анкерними болтами, гнізда яких заповнюють бетоном. На верхній поверхні фундаментів передбачають бортики, желобки і трубки для збору і відводу води, яка пройшла через сальники насосів.

### 6.3. Підземна частина будівлі насосної станції. Фундаменти і опорні конструкції

В більшості випадків підземна частина будівлі виконується з монолітного залізобетону, рідше із збірних залізобетонних елементів (складно при монтажі елементів конструкцій і важко забезпечити водонепроникність стиків конструкцій).

Підземну частину будівлі обов'язково розраховують на міцність і загальну стійкість.

Найбільш характерні форми підземної частини будівлі насосної станції приведені на рис.6.5.

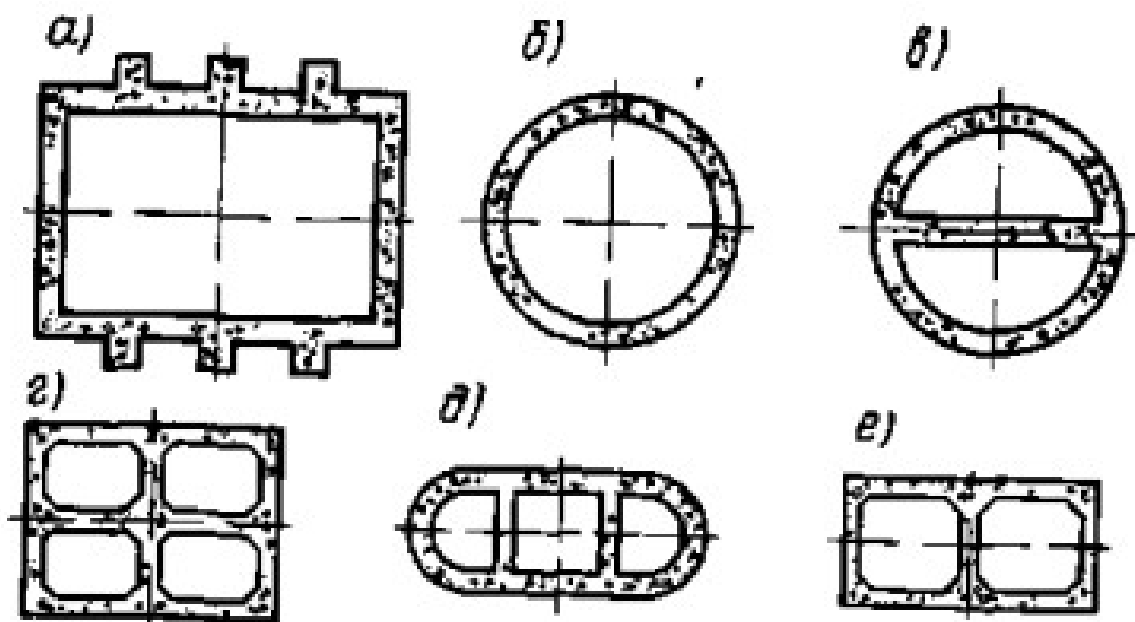


Рис.6.5. Найбільш характерні форми підземної частини насосної станції.

При невеликому заглибленні підземної частини насосної станції у відкритому котловані віддають перевагу прямокутній в плані формі будівлі (рис.6.5а).

При великому заглибленні віддають перевагу циліндричній формі (рис.6.5б,в).

При великій кількості потужних агрегатів і великій протяжності будівлі використовують сотові (рис.6.5г), еліптичні (рис.6.5д) і ячейкові (рис.6.5е) конструкції. При цьому будівництво ведуть способом опускного колодезя з безперервним бетонуванням стін.

В основі під підземною частиною споруди улаштовується: підготовка з гравію або щебеню шаром 5 – 10 см втрамбованого в ґрунт, потім шар тощого бетону М40 – М60 товщиною 15 – 20 см; гідроізоляційний шар з асфальта товщиною 2 – 3 см, армованого сіткою з проволочки 5 – 6 мм з кроком 20 – 30 см.

Для боротьби з фільтрацією води зовнішню поверхню стін підземної частини будівлі насосної станції 1,0 м вище максимального горизонту води покривають бітумною гідроізоляцією.

Круглі в плані машинні будівлі типові для заглиблених насосних станцій. На станціях суміщених з водоприймальними резервуарами частіше застосовують кільцеве розташування насосних агрегатів (рис.6.6а,б). При роздільній компоновці резервуара і насосної насосні агрегати розташовуються в один або декілька рядів (рис.6.6в,г,д).

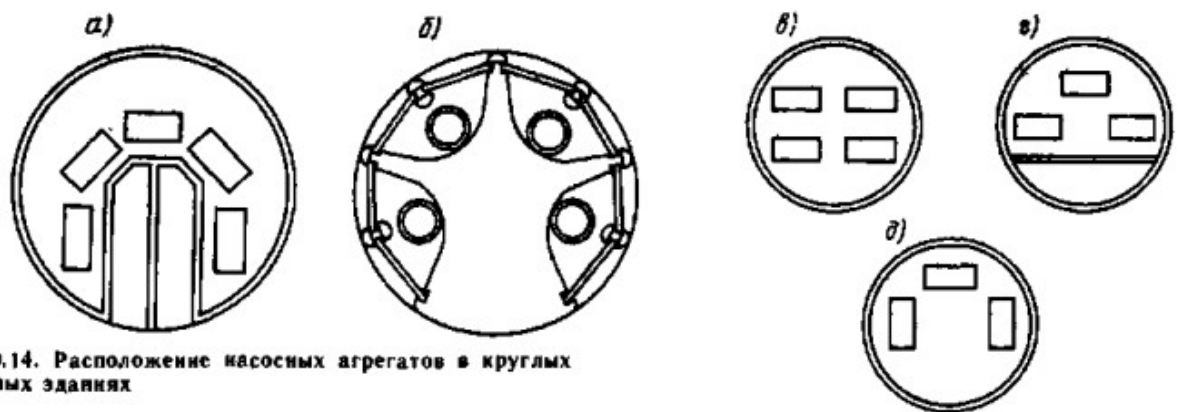


Рис. 10.14. Расположение насосных агрегатов в круглых машинных зданиях

Рис. 6.6. Розташування насосних агрегатів в круглих машинних залах.

При довільному розташуванні насосних агрегатів в будівлі насосної станції повинно забезпечуватися повна безпека і зручність монтажу і обслуговування обладнання.

Прохід між агрегатами при цьому приймається не менше 1 м при встановленні електродвигунів напругою до 1000 вольт і не менше 1,2 м при двигунах більшої напруги. В усіх випадках відстань між нерухомими частинами обладнання, яке виступає, приймається не менше 0,7 м. Відстань між довгих сторін фундаменту до стін повинно бути не менше 1 м.

В загальному випадку розміри машинного залу будівлі насосної станції в плані визначаються після вибору схеми розташування насосних агрегатів і компоновки трубопроводів всередині станції з врахуванням рекомендованих відстаней між стінами будівель і елементами обладнання.

Так, ширина машинної зали представляє собою суму довжин ділянок трубопроводів, фасонних частин і арматури на всмоктувальних і напірних лініях насосу, а також поперечного розміру самого насосу.

Довжина прямокутного машинного залу (будівлі) визначається проходами між торцевими стінами і агрегатами, повздовжнім розміром самих агрегатів і відстаней між ними.

На практиці в підземній частині будівлі насосної станції можуть розміщуватися: машинний зал, водоприймальна камера, приймальні резервуари насосних станцій водовідведення. Якщо максимальний рівень ґрунтових вод розташований нижче рівня підлоги машинного залу, то підземна частина насосних станцій (окрім станцій водовідведення) виконується як у звичайних промислових будівель: з роздільними фундаментами під насосне обладнання і під будівельні конструкції (рис. 6.7а). При ґрунтових водах вище рівня підлоги підземна частина може бути блочною.

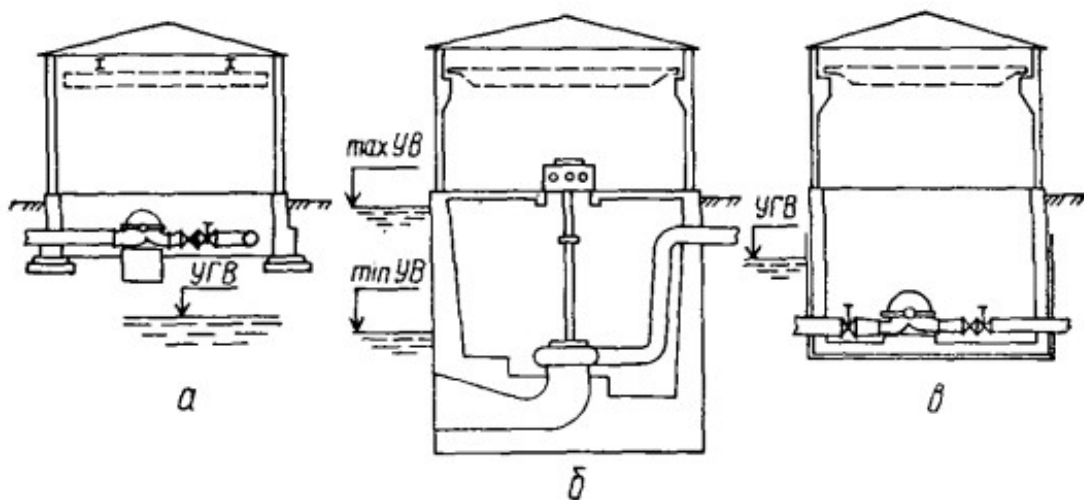


Рис. 33. Типи конструкцій підземної частини насосних станцій: а — с раздельными фундаментами под оборудование и строительные конструкции; б — блочная; в — камерная

Рис.6.7. Типи конструкцій підземної частини насосних станцій.



**Блочна конструкція** представляє собою масивний бетонний блок в основі насосної станції, в якій улаштовані складної просторової форми всмоктувальні труби насосів (рис.6.7б). Блочна конструкція використовується в окремих випадках при високих потужностях вертикальних і осьових відцентрових насосах.

**При камерному типі будівлі** його підземна частина виконується у вигляді відносно тонкостінної конструкції камери. Фундаменти насосів опираються на дно камери, яке є несучою конструкцією (рис.6.7в).

Товщину стін і днища камери в першому наближенні необхідно приймати рівною 0,1 максимального напору води або ґрунту, яки діє на конструкцію в розглядуваному перерізі.

Об'єм підземної частини повинен бути мінімальним. Розміри підземної частини належить приймати кратними 3 м. При довжині сторони до 9 м допускається приймати розміри кратні 1,5 м. Для круглих будівель—кратні 1 м.

## ТЕМА 7. **КОНСТРУЮВАННЯ МАШИННОЇ ЗАЛИ**

### ***1. Трубопроводи всередині НС.***

Всередині насосної станції проектується всмоктуючі і напірні трубопроводи.

Напірні і усмоктувальні трубопроводи назовні насосної станції і всередині розраховуються і конструюються по різному. Якщо діаметр зовнішніх напірних трубопроводів визначається техніко-економічним розрахунком, результат якого наведений в таблицях Шевелевих, то діаметри туб всередині НС, як правило, менші, бо від них залежить розмір і вартість арматури і будівлі НС.

ДБН В.2.5-74 рекомендує добирати діаметри труб всередині НС відповідно до таблиці: Таблиця 1.

Умовний діаметр, мм	Швидкість води, м/с	
	Усмоктувальні труби	Напірні труби
≤250	0,6 – 1,0	0,8 – 2
300 ÷ 800	0,8 – 1,2	1,0 – 3
>800	1,2 – 2,0	1,5 - 4

Матеріал – труби сталеві, зварні. В місцях прикріплення до насосів і арматури – фланцеві. Для НС II і III категорії допускаються полімерні труби. Труби прокладаються над підлогою на металевих, цегляних або бетонних опорах, допускається прокладання на кронштейнах вздовж стін. Фарбуються.

Відстань до підлоги приймають: для труб з арматурою  $d \leq 400$  – 250мм, 450÷600 – 300мм, >600 – 350мм. При відсутності арматури – 250мм.

Відстань до стіни приймають: для труб  $d \leq 400$  – 300мм, 450÷600 – 500мм, >600 – 700мм; торцюва відстань до фланця для труб  $d \leq 400$  – 300мм, для  $d > 400$  – 500мм.

Можна прокладати труби в каналах

Габарити каналів слід приймати більше ніж умовний діаметр труб:

- до 400 мм включно - ширину на 600 мм, глибину на 400 мм;
- більше 400 мм - ширину на 800 мм, глибину на 600 мм;

У місцях установки фланцевої арматури слід передбачати збільшення ширини каналу: при  $400 < d \leq 600$  на 1000мм; при  $d > 600$  на 1400мм.

Рис. 14. Способи розміщення трубопроводів в машинному залі:

*I* — над полом; *II* — в мелких каналах; *III* — в глубоких каналах; *IV* — на стенах

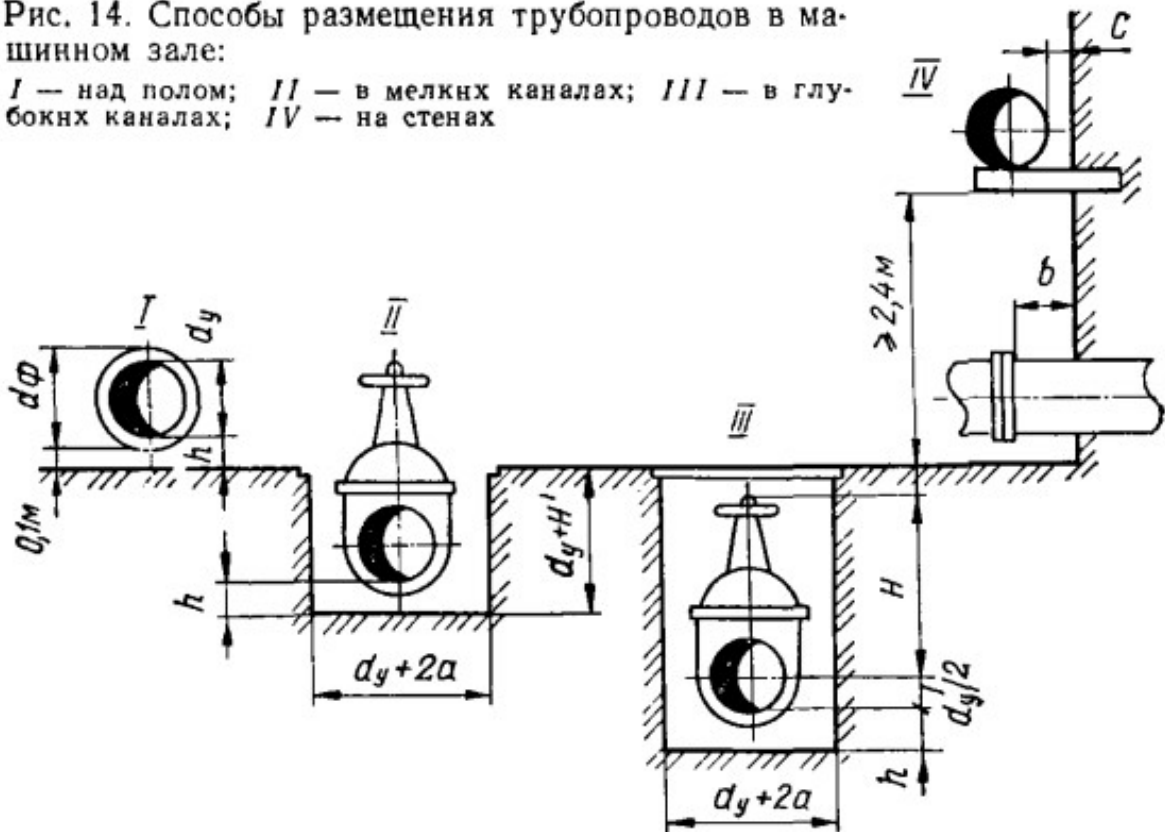


Рис.7.1. Способи розміщення трубопроводів в машинному залі.

### ***Всмоктувальні трубопроводи***

Основною вимогою, яка пред'являється до всмоктувальних трубопроводів відцентрових насосів з точки зору забезпечення ним надійного і безперешкодного підводу води, є їх повітронепроникність, так як попадання повітря у міжлопатні канали робочого колеса суттєво погіршує характеристики насосів.

Навіть невелика (до 1% за об'ємом) наявність нерозчиненого повітря може зменшити подачу на 5 – 10%, а при збільшенні вмісту повітря до 10 – 15% насос втрачає всмоктувальну спроможність і відбувається зрив його роботи. В зв'язку з цим всі з'єднання (стики) трубопроводів виконують герметичними. Найбільша перевага віддається зварним з'єднанням.

Для уникнення попадання повітря у всмоктувальний трубопровід через вільну поверхню води в водоприймальній споруді вхідний отвір трубопроводу заглиблюють на 0,5 – 1,5м нижче самого нижнього рівня.

Для запобігання утворення у всмоктувальному трубопроводі повітряних мішків його прокладають з підйомом 0,005, щоб повітря, яке виділилося з води з пониженим тиском, могло вільно рухатися разом з водою до насосу.

З цієї ж причини при переході з одного діаметра на другий на горизонтальних ділянках трубопроводу застосовують тільки “косі” переходи з горизонтальною твірною (рис.7.2).

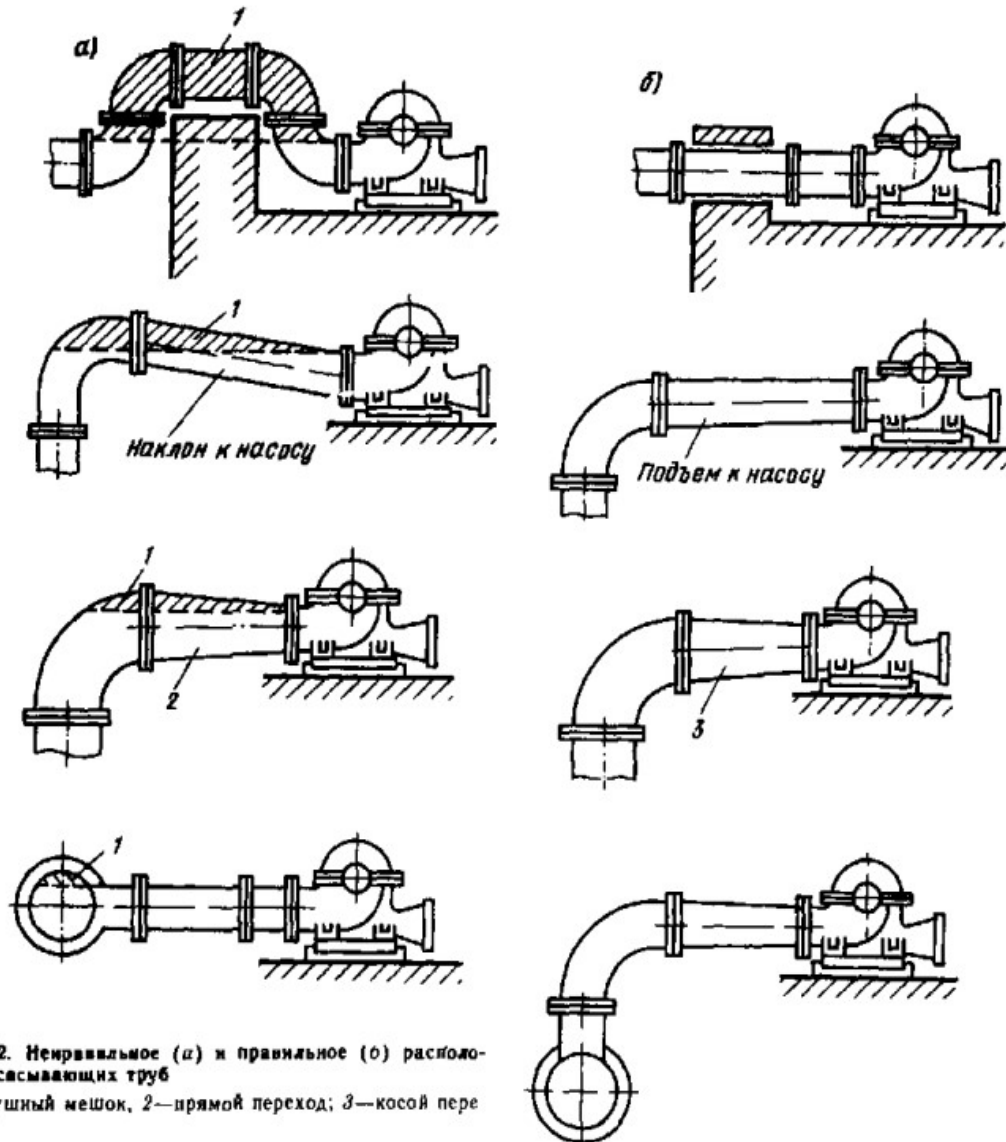


Рис. 10.2. Неверильное (а) и правильное (б) расположение всасывающих труб  
1—воздушный мешок; 2—прямой переход; 3—косой переход

Рис.7.2. Роташування всмоктувальних трубопроводів.

а) неправильне; б) правильне.

1.Повітряний мішок; 2.Прямий перехід; 3.Косий перехід.

Втрати енергії у всмоктувальному трубопроводі не тільки призводять до необхідності збільшення напору і потужності насоса, але і викликають зменшення тиску на вході в насос, сприяючи тим самим виникненню і розвитку кавітації. Для зменшення втрат енергії всмоктувальний трубопровід повинен бути меншої довжини і мати мінімальне число фасонних частин. Діаметри всмоктувальних труб, Фасонних частин і арматури визначають

розрахунком. Для попереднього вибору можна користуватись значеннями допустимих швидкостей (таблиця 1).

Для зменшення втрат у всмоктувальному трубопроводі його діаметр звичайно приймають  $D_{ВХ} = (1,25 - 1,5) d_{ТР}$ . Довжина перехідного конусу приблизно приймається  $l_{КОН} = (3,5 - 7)(D_{ВХ} - d_{ТР})$ . Приймальні клапани через опори встановлюють на трубах не більше 500 мм.

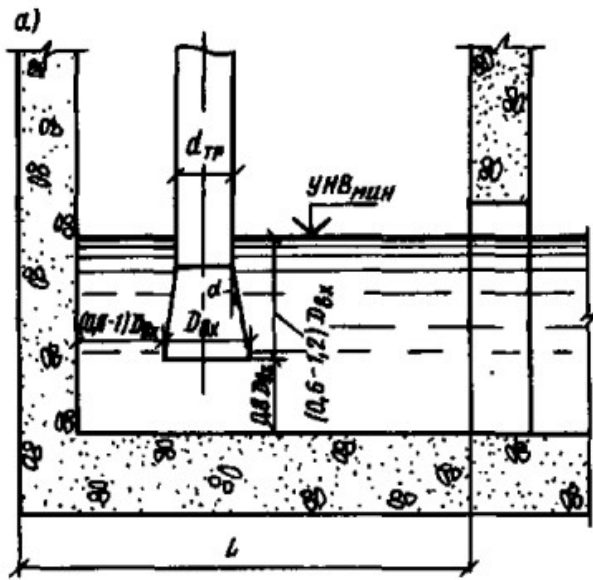


Рис. 10.3 Расположение всасывающей трубы в приемной камере

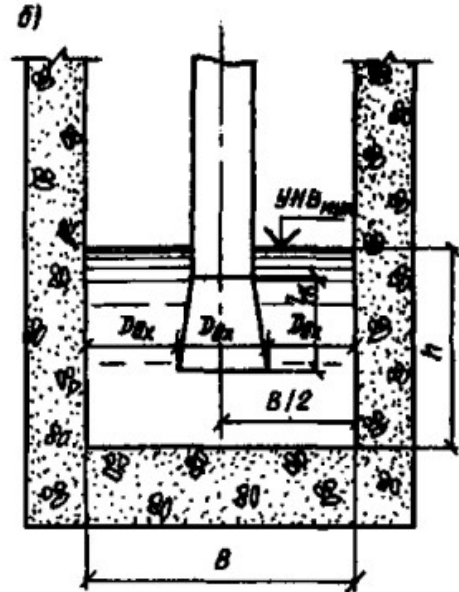


Рис. 10.4. Неверное (а) и правильное (б) расположение всасывающих труб в приемной камере

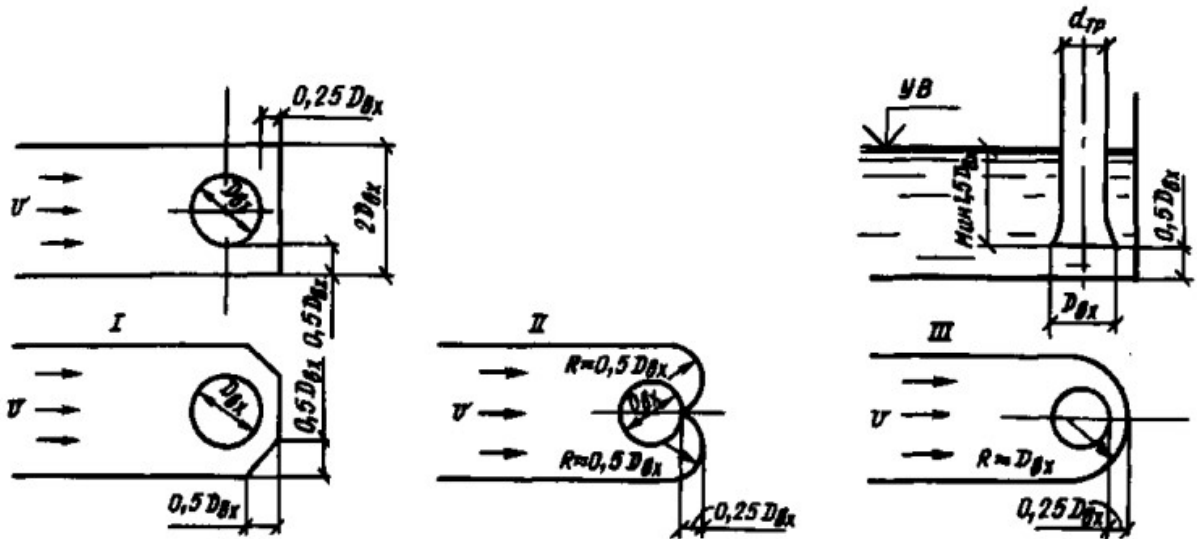


Рис. 10.5. Расположение всасывающей трубы в приемной камере (по рекомендациям Британской ассоциации гидромеханических исследований)

Рис. 7.3. Схеми розташування всмоктувальних трубопроводів в приймальній камері.

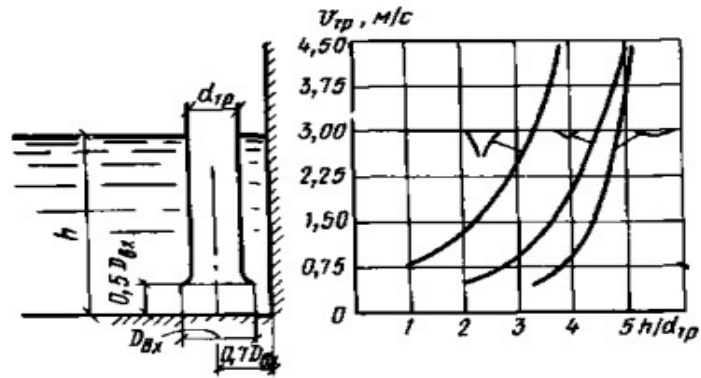


Рис 107. Зависимость критических (образование воронок) скоростей потока во всасывающем трубопроводе от глубины в водоприёмной камере

Рис.7.4. Залежність швидкості у всмоктувальних трубопроводах в залежності від глибини у водоприймальній камері.

Відстань від вхідного перерізу всмоктувального трубопроводу до дна і стінок камери або прямка треба приймати таким, щоб швидкості підходу води до оголовку були не більше швидкості течії у вхідному перерізі труби (рис.7.3).

Залежність швидкості руху води у всмоктувальному трубопроводі в залежності від глибини води у водоприймальному резервуарі приведена на рис7.4.

Якщо вода розбирається кількома всмоктувальними трубопроводами з одного колектора, то мінімальна відстань між всмоктувальними трубами приймається  $(2 - 3)d_{тр}$ .

Для всмоктувальних труб насосних станцій I підйому, суміщених з водозабірною спорудою звичайно приймають рівним кількості встановлених насосів. Але завжди не менш 2.

Приклад улаштування всмоктувального колектора в насосній станції II підйому приведена на рис.7.5.

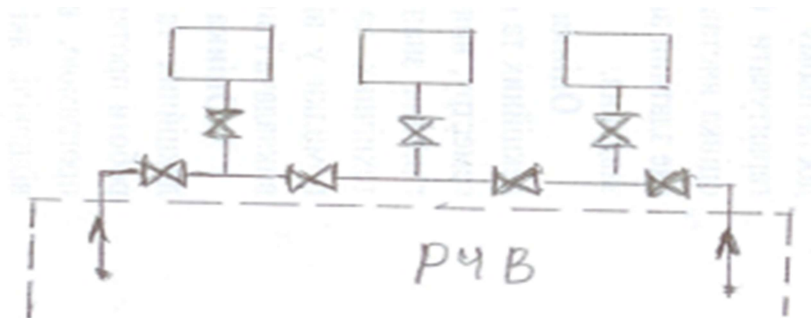
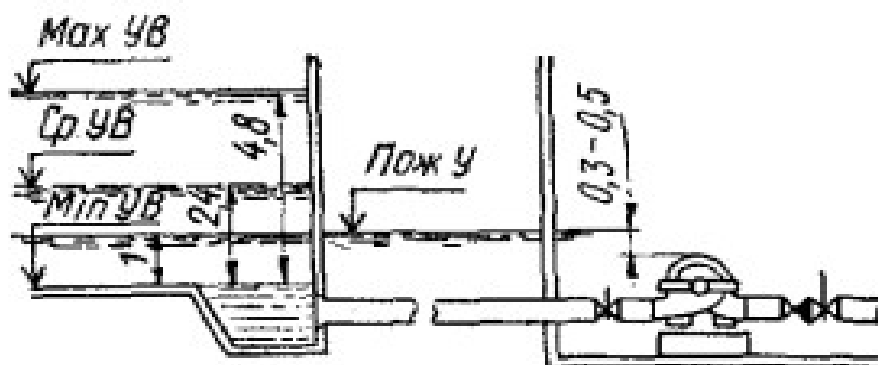


Рис.7.5. Приклад улаштування всмоктувального колектора в насосній станції II підйому.

Приклад улаштування одного всмоктувального трубопроводу в машинній залі насосної станції II підйому приведено на рис.7.6.



**Рис. 55. Схема висотного розположення насосов на станції II підйема**

Рис.7.6. Приклад улаштування одного всмоктувального трубопроводу насосної станції II підйому.

### ***Напірні трубопроводи***

Напірні трубопроводи транспортують воду, яка знаходиться під тиском (напором) від насосів (після насосів). Як правило всередині насосних станцій трубопроводи застосовують сталеві. Як правило, після насосів влаштовують один розподільчий колектор, від якого відходять напірні трубопроводи. Це підвищує надійність роботи насосної станції. Приклади влаштування колектора приведені на рис.7.7.

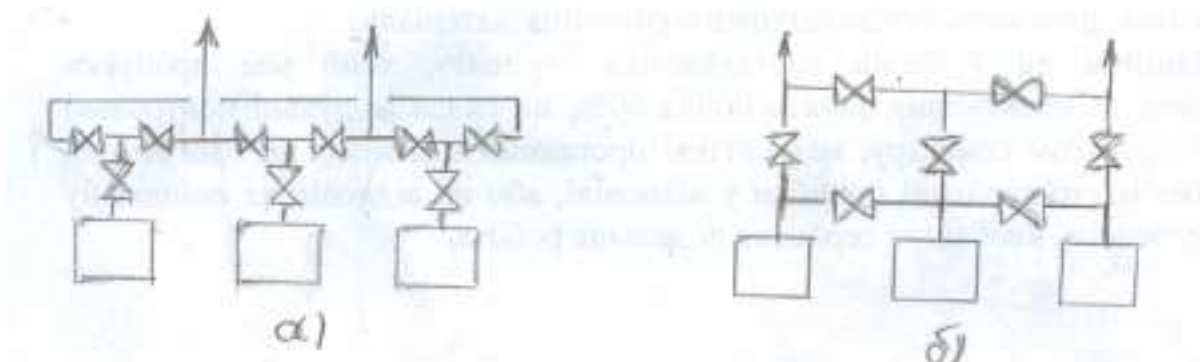


Рис.7.7. Схеми напірного колектора.

Для транспортування води після насосної станції II підйому, як правило улаштовують два водоводи. При особливому (додатковому) обґрунтуванні іноді улаштовують 3 або 4 водоводи.

## 2. Арматура всередині насосної станції.

Перед і за кожним насосом встановлюється запірна арматура (засувка, затвор поворотний дисковий, кран кульовий, вентиль). Між насосом і запірною арматурою на напірнім трубопроводі – зворотний клапан. Бажано, а при  $d > 300$  обов'язково, при арматурі для полегшення монтажу, встановлювати монтажну вставку.

На збірному і розподільчому колекторах встановлюються засувки. Їх кількість повинна забезпечувати можливість заміни або ремонту довільного з насосів, частини трубопроводів, зворотних клапанів і засувок при безперебійній подачі води. Напірні трубопроводи можуть прокладатися на рівні насосів, але це суттєво збільшує розміри станції. Для зменшення розмірів станції напірні трубопроводи розміщують вище насосів. Часто напірний колектор розміщують в окремому приміщенні насосної станції розміщеному через стінку від машинного залу (рис.7.8) і (рис.7.9).

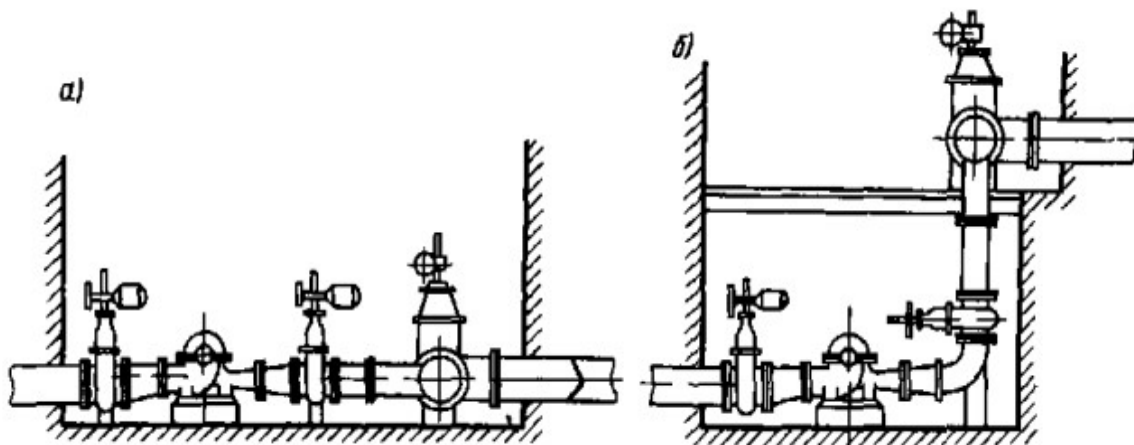


Рис.7.8. Горизонтальна (а) і вертикальна (б) компоновка трубопроводів всередині насосної станції.



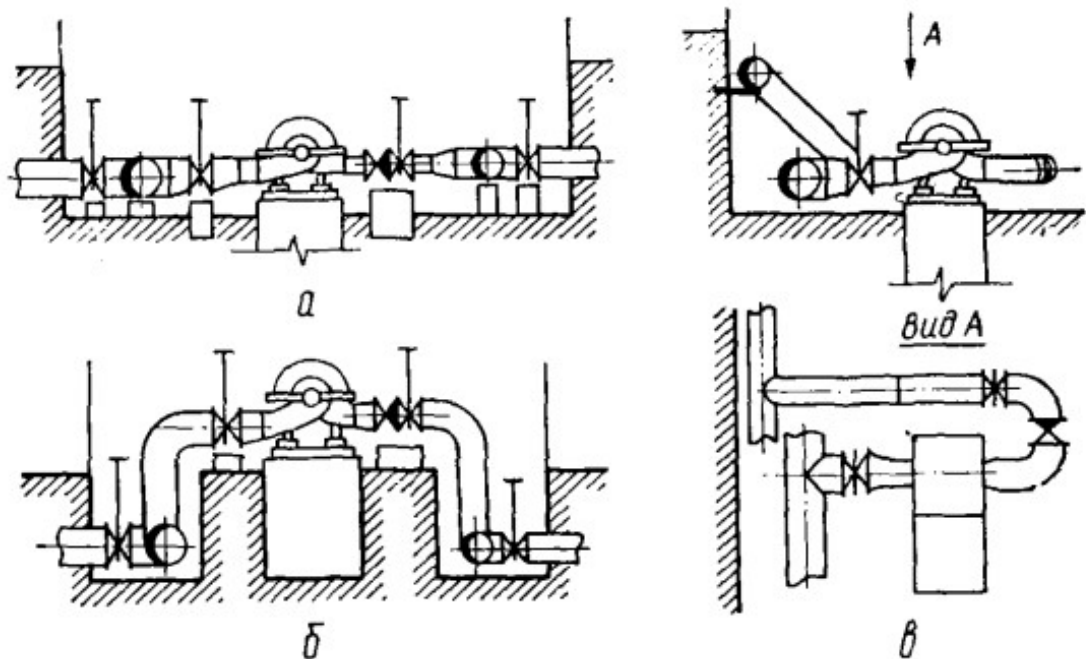


Рис. 56. Основные схемы размещения трубопроводов на станциях II подъема:  
 а — над полом; б — в каналах; в — на стене

Рис.7.9. Приклад розміщення напірних трубопроводів Н.ст.II відйому.

На виході напірних і на вході усмоктувальних зовнішніх водоводів обов'язково встановлюються відключаючи засувки.

Запірна арматура при  $d \leq 400$  приймається з ручним приводом. При  $d > 400$  і в НС з автоматизованим управлінням – з електроприводом. Арматуру слід добирати на максимально можливий тиск (тиск насоса при нульовій подачі).

Трубопроводна обв'язка насосних агрегатів та розміщення запірної арматури на всмоктувальних і напірних трубопроводах повинні забезпечувати:

- забір води будь-яким із встановлених у групі насосних агрегатів;
- можливість заміни або ремонту будь-якого з насосів, зворотних клапанів та основної запірної арматури, а також перевірки характеристики насосів без порушення вимог за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води;
- подачу води в кожен із напірних водоводів будь-яким насосним агрегатом із встановлених у групі при відключенні будь-якого насосного агрегату з цієї групи.

Труби всередині насосних станцій прокладають таким чином, щоб вони були доступні для огляду і ремонту. Всмоктувальні і напірні трубопроводи в межах насосних станцій, як правило, розташовують над поверхнею підлоги з

улаштуванням над ними містків, які можуть також використовуватися для встановлення електричного обладнання і підвішування електричних кабелів.

Допускається також вкладати труби нижче рівня підлоги в каналах, які перекриваються зйомники плитами.

В незаглиблених насосних станціях при великій кількості насосних агрегатів труби діаметром більше 500 мм вкладають в спеціально влаштованих підвальних приміщеннях висотою не менше 1,8 м.

Розташування труб зверху над агрегатами допускається як виняток. Труби в цьому випадку повинні бути вкладені на стійках біля стін на висоті не менше 2 м від підлоги до низу труби.

При всіх варіантах всі ділянки трубопроводів повинні мати опори, які виключають передачу зусиль (навантажень) на арматуру і насоси.

Для запобігання пошкодження трубопроводів, які проходять через бетонні, залізобетонні, цегляні стіни при осадці будівель, а також просочування води, використовують сальники двох типів: з натискувальним пристроєм і набивні (рис.7.10)

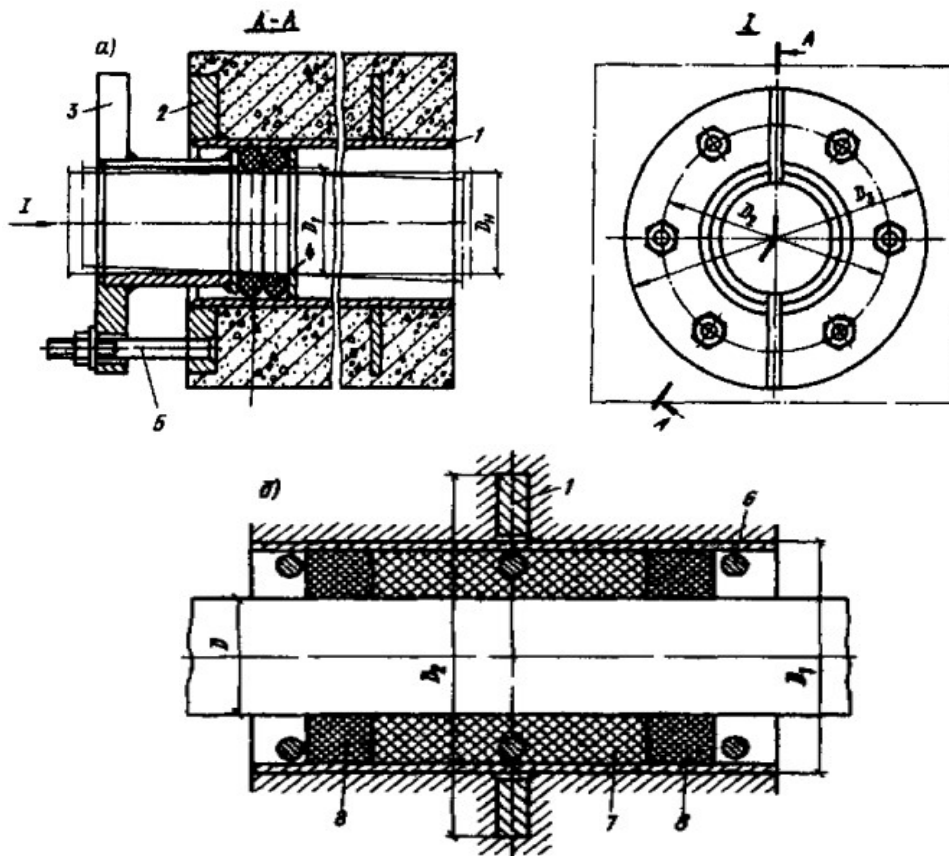


Рис.7.10.Конструкції сальників для проходу труб через стіни.

- а) з натиску вальним пристроєм: 1.корпус; 2.кільцеве ребро; 3.фланець; 4.натискувальний патрубок; 5.ущільнювач.  
 б) набивний: 1.корпус з кільцевим ребром; 2.ущільнювальне кільце; 3.сальникова набивка; 4.зачеканка.

В межах насосних станцій комунікації комунікації всмоктувальних і напірних трубопроводів в основному монтуються з сталевих труб. Вони мають відносно велику міцність і невелику вагу. Відносно легко зварюються і з'єднуються між собою.

Головний їх недолік – відносно швидко піддаються корозії. Тому потребують захисту від корозії. Діаметр сталевих труб 15- 1500 мм.

Окремі низки труб всередині насосних станцій з'єднуються, як правило, на зварці з використанням фланців для приєднання до арматури і насосам. При влаштуванні на трубопроводах поворотів, відгалужень, переходів від одного діаметра до другого, а також для встановлення на трубопроводах арматури застосовують фасонні частини. Як правило, зварні фасонні частини, які з'єднуються на зварці або на фланцах, виготовляються на місці будівництва. Гнуті і штамповані сталеві фасонні частини діаметром до 500 мм випускаються промисловістю.

Приклади з'єднання напірних труб (всмоктувальних і напірних) приведені на рис.7.11.

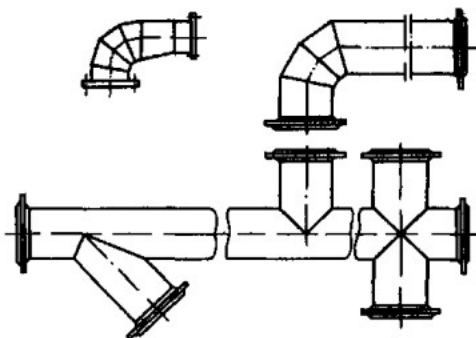


Рис.7.11. Приклади з'єднання напірних трубопроводів.

Для ущільнення фланців застосовують різного роду м'які прокладки.

Для можливості регулювання режимів роботи (витрат і напорів) насосних станцій в них на трубопроводах встановлюється арматура різного призначення (типу).

### **1 тип – Запірна арматура.**

- **Плоскі щитові затвори.** Застосовують затвори дерев'яні і металеві. Використовуються в основному для перекриття безнапірних потоків при невеликих гідростатичних тисках.

- **Засувки.** В залежності від конструкції засувки підрозділяються на паралельні і клинові.

В паралельних засувках (рис.7.12а) прохід в корпусі перекривається двома рухомо з'єднаних між собою дисками, які пересуваються одним або двома розташованими між ними клинами. Ущільнюючі кільця і диски розташовані перпендикулярно вісі засувки.

В клиновидних засувках (рис.7.12б) прохід в корпусі перекривається одним круглим диском, який в поперечному перерізі має форму клина і міститься в гнізді між нахиленими ущільнюючими кільцями.

Засувки обох типів виготовляються з висовуваним і невисовуваним шпінделем. При влаштуванні господарсько-питних водопроводів висовуваний шпіндель небажаний по санітарно-гігієнічним вимогам.

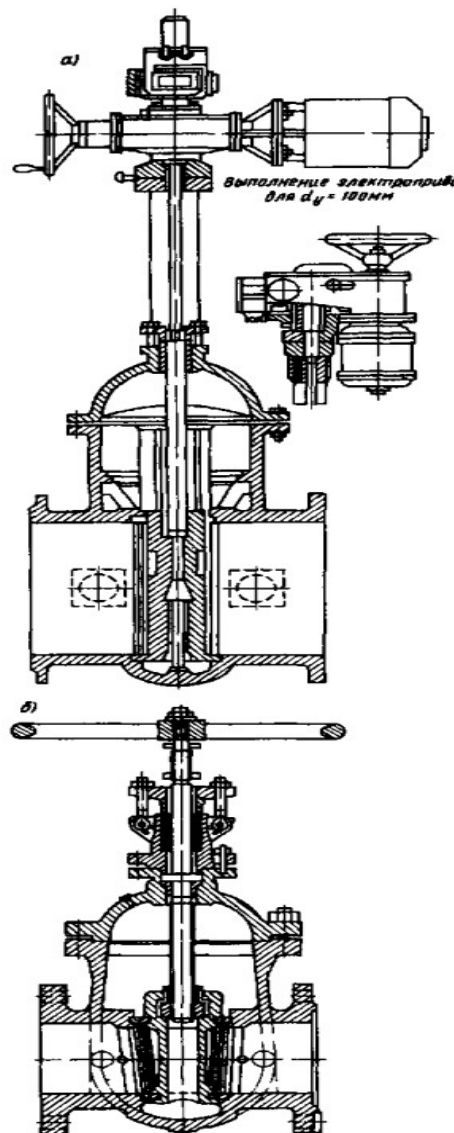


Рис.7.12. Засувки

а) паралельна засувка з електродвигуном і висовуваним шпінделем; б) клинова засувка з ручним приводом і невисовуваним шпінделем.

На планах і схема креслень позначення засувок з електродвигуном має вигляд (рис.7.13). Засувки з електродвигуном рекомендується обов'язково застосовувати при діаметрах труб більше 400 мм. Хоча засувки з електродвигуном випускаються з діаметра від 100 мм.

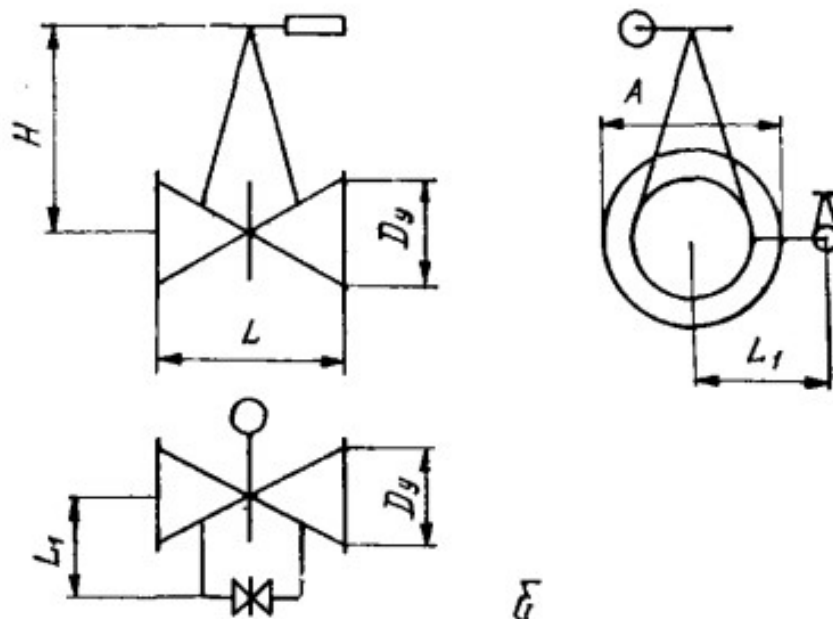


Рис. 18. Задвижка с электроприводом:  
*a* — общий вид; *б* — схематическое изображение; 1 — запырающий диск; 2 — корпус; 3 — шпindelь; 4 — маховик ручного привода; 5 — задвижка на обводной трубе; 6 — электропривод

Рис.7.12. Схематичне зображення засувки з електроприводом.

#### - Дисківі поворотні затвори.

Також використовуються для перекриття трубопроводу. Принцип роботи дискового затвору (рис.7.13) полягає в тому, що поворотний диск, притискається до ущільнюючої поверхні сідла всередині корпусу, перекриває шлях потоку рідини. При повороті диску на  $90^{\circ}$  рідина вільно проходить через затвор.

Перевагою дискових затворів є швидкість управління, мала вага і невелика вартість. До недоліків дискових затворів можна віднести дещо більшу втрату напору, так як коефіцієнт місцевого опору затвору більший ніж у засувок. Крім того, дискові затвори повинні відкриватися при зрівняному з обох сторін затвору тиску, що викликає необхідність влаштування обвідних труб (байпасів). Дисківі затвори випускаються діаметром до 2000 мм при напорі до 100 м.

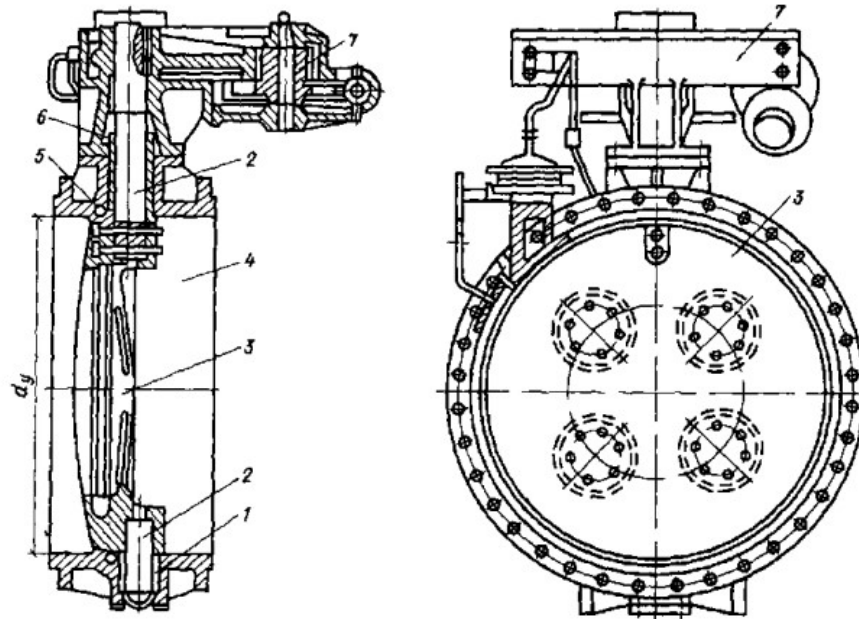


Рис.7.13. Дисковий поворотний затвор з електроприводом.  
 1.нижній підшипник. 2.вісь. 3.поворотний диск. 4.корпус.  
 5.сальник. 6.верхній підшипник. 7.гідропривід.

- **Зворотні клапани** використовують частіше всього на насосних стаціях для того щоб після зупинки насосу перешкодити зворотному току води через нього в напірному трубопроводі.

На рис.7.14а показано одно дисковий зворотний клапан, який має діаметр до 1000 мм. Під час роботи насосу диск клапана під дією води, що рухається, повертається на ричагу відносно осі, і вода проходить через клапан. При зупинці насосу диск під дією своєї ваги, а також тиску води з боку напірного трубопроводу опускається і клапан закривається.

Наявність зворотного клапану забезпечує практично миттєве відключення напірного водоводу. Для зменшення можливості виникнення гідравлічного удару в напірному трубопроводі можна збільшити час відключення.

На трубопроводах великих діаметрів використовують також багатодискові зворотні клапани (рис.7.14б), в яких один великий диск замінюється декількома малими.

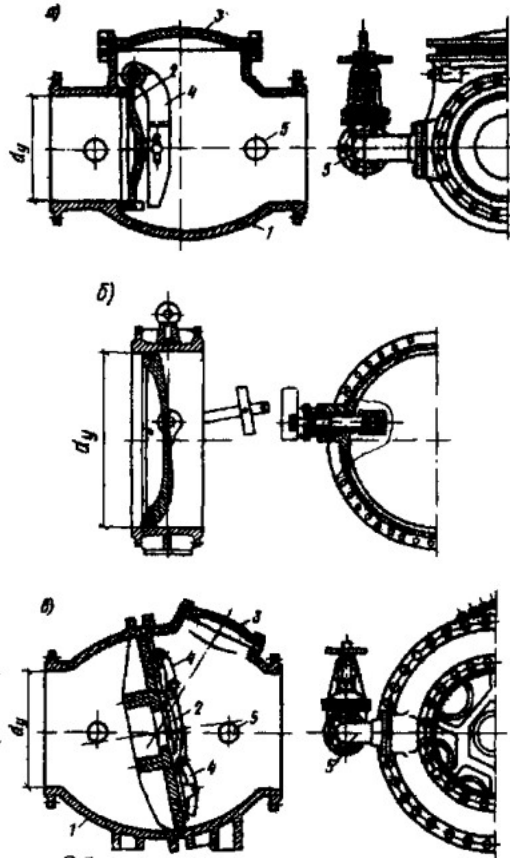


Рис.7.14. Зворотні клапани поворотні.

- а) однодисковий ( $d = 50 - 600$  мм на  $H = 100 - 400$  м);  
 б) багатодисковий ( $d = 800 - 1000$  мм на  $H = 100 - 250$  м).

Зворотні клапани всіх конструкцій мають великий коефіцієнт опору.

Встановлюють зворотні клапани між напірним патрубком насосу і засувкою, що дозволяє відключати клапани від напірного трубопроводу для огляду і ремонту.

- **Приймальні клапани, сітки і воронки.** Дані приймальні клапани (рис.7.15а) встановлюють на вході у всмоктувальний трубопровід. Вони слугують для утримання води у всмоктувальному трубопроводі і корпусі насосу при заливці його перед пуском.

Якщо заливка насосу здійснюється за допомогою вакуум-насосу, то при наявності у воді великої кількості завислих речовин встановлюють тільки запобіжну сітку (рис.7.15б), а при чистій воді – тільки приймальну воронку (рис.7.15г).

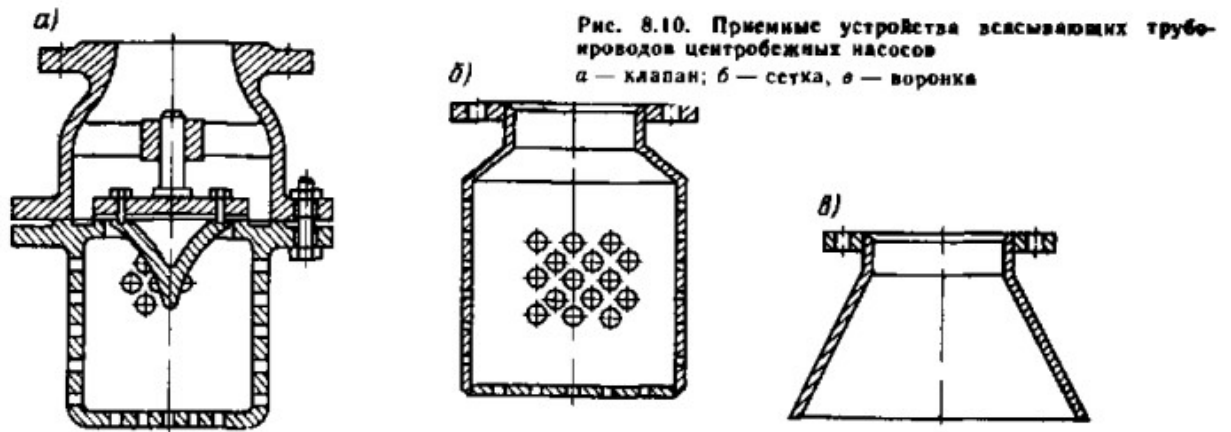


Рис.7.15. Приемные пристрої всмоктувальних трубопроводів відцентрових насосів.  
 а)клапан; б)сітка; в)воронка.

Приклад розміщення насосних агрегатів, всмоктуючи і напірних трубопроводів, а також трубопроводної арматури в машинному залі насосної станції та визначення мінімальних розмірів між обладнанням приведено на рис.7.16.

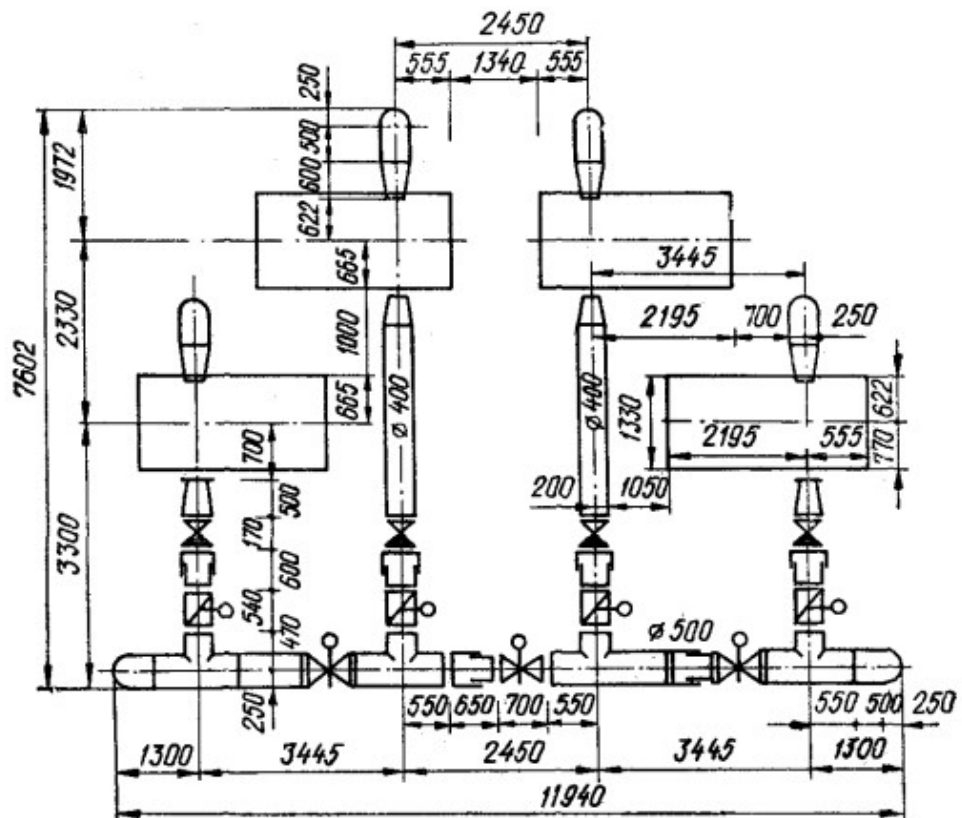


Рис. 46. Схема к определению минимальных размеров площадки размещения оборудования в насосной станции

Рис.7.16. Приклад розміщення труб і обладнання в машинному залі Н.ст.



## ТЕМА 8.

### БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

#### 8.1. Верхні і підземні будівлі насосної станції

До верхніх будівель насосних станцій, як і до всіх промислових будівель, пред'являють наступні вимоги: технологічні чи функціональні; технічні; архітектурно-композиційні; економічні.

До **технологічних** відносяться вимоги: до простору, об'єми яких повинні бути достатніми для того, щоб розмістити технологічне і підйомно-транспортне обладнання і забезпечити нормальні умови для його експлуатації; до повітряного середовища і світлового режиму, які забезпечують здорові умови праці і збереження технологічного обладнання; до акустичного режиму, який забезпечує необхідний рівень шуму як для обслуговуючого персоналу, так і для навколишніх.

До **технічних** відносяться вимоги: до міцності і устійності будівельних конструкцій, які залежать від використовуваних матеріалів, типів конструкцій і діючих на них навантажень; до вибухової і пожежної безпеки; до санітарно-технічного і інженерного обладнання.

**Архітектурно-композиційні** рішення будівель насосних станцій повинні враховувати: містобудівні вимоги (зовнішній вигляд споруди в місті).

**Економічні** вимоги – економічність об'ємно-планувальних рішень.

Розміри машинної будівлі в плані визначається після вибору схеми розташування насосних агрегатів і компоновки внутрішніх трубопроводів.

В будівлях насосних станцій, обладнаних крупними насосними агрегатами, необхідно передбачити місце для монтажного майданчика, на якому ремонтують насоси і електродвигуни.

Монтажний майданчик звичайно влаштовують в торці будівлі на рівні поверхні землі. Розміри майданчика в плані визначаються габаритами насосів, електродвигунів і транспорту. Навкруги обладнання встановленого на майданчику необхідно передбачити прохід шириною не менше 0,7 м.

Висота машинної будівлі насосної станції представляє суму висот підземної частини і верхньої будівлі.

Висота підземної частини будівлі насосної станції заглибленого типу залежить головним чином від розташування робочого колеса насоса по відношенню до мінімального рівня води в джерелі або у водоприймальній

камері, яка в свою чергу залежить від допустимої геометричної висоти всмоктування необхідного напору.

В загальному випадку (рис.8.1) висота підземної частини може бути визначена за формулою

$$h_{\text{підз.част}} \geq h_{\text{Ф}} + h_{\text{НАС}} \pm H_{\text{С.ДОП}} + \Delta\text{НБ} + h_{\text{ЗАП}}, \quad (8.1)$$

де  $h_{\text{Ф}}$  – товщина фундаментної плити, яка визначається статичним розрахунком (звичайно 0,8 – 1,5 м);

$h_{\text{НАС}}$  – висота насосу від верха фундаментної плити до осі робочого насосу;

$H_{\text{С.ДОП}}$  – допустима геометрична висота всмоктування (знак плюс приймається при установці насосу з підпором);

$\Delta\text{НБ}$  – максимальна амплітуда коливань рівнів води у джерелі (водоприймальні камері);

$H_{\text{ЗАП}}$  – необхідне перевищення відмітки підлоги верхньої будови над максимальним рівнем води в джерелі або водоприймальній камері.

Для запобігання затоплення електродвигунів насосів при аваріях, їх завжди встановлюють вище максимального рівня води у джерелі або приймальній камері.

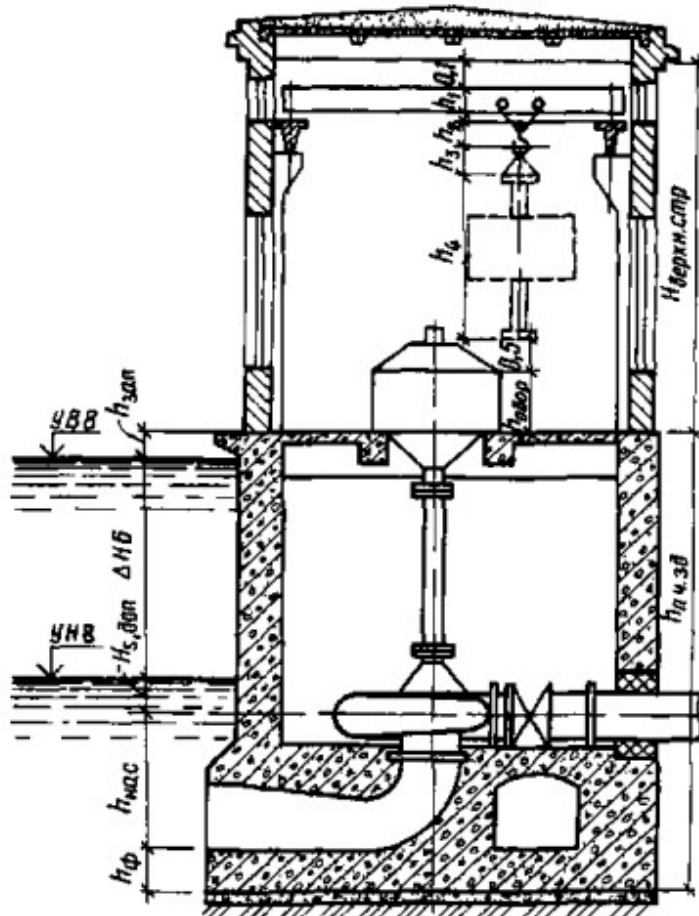


Рис 10.15. К определению высоты здания насосной станции

Рис.8.1. До визначення висоти будівлі насосної станції.

Для запобігання затоплення електродвигунів насосів при аваріях, їх завжди встановлюють вище максимального рівня води у джерелі або приймальній камері.

Висота верхньої частини будівлі, яка не обладнана підйомними механізмами, в будівлях насосних станцій незаглибленого типу повинна бути не менше 3 м. В будівля, які обладнані підйомними механізмами, висоту верхньої частини будівлі визначають розрахунком.

Приміщення, обладнане підвісною кран-балкою (рис. 8.1а). повинно мати висоту

$$h_{\text{верх.бкд}} \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,5, \quad (8.2)$$

де  $h_1$  – висота монорельса кран-балки з врахуванням конструкції кріплення його до перекриття;

$h_2$  – мінімальна висота від крюка до монорельса;

$h_3$  – висота строповки грузу(приймається рівною 0,5 - 1 м);

$h_4$  – висота грузу;

0,5 – мінімальна висота від грузу до підлоги або до встановленого

обладнання, м.

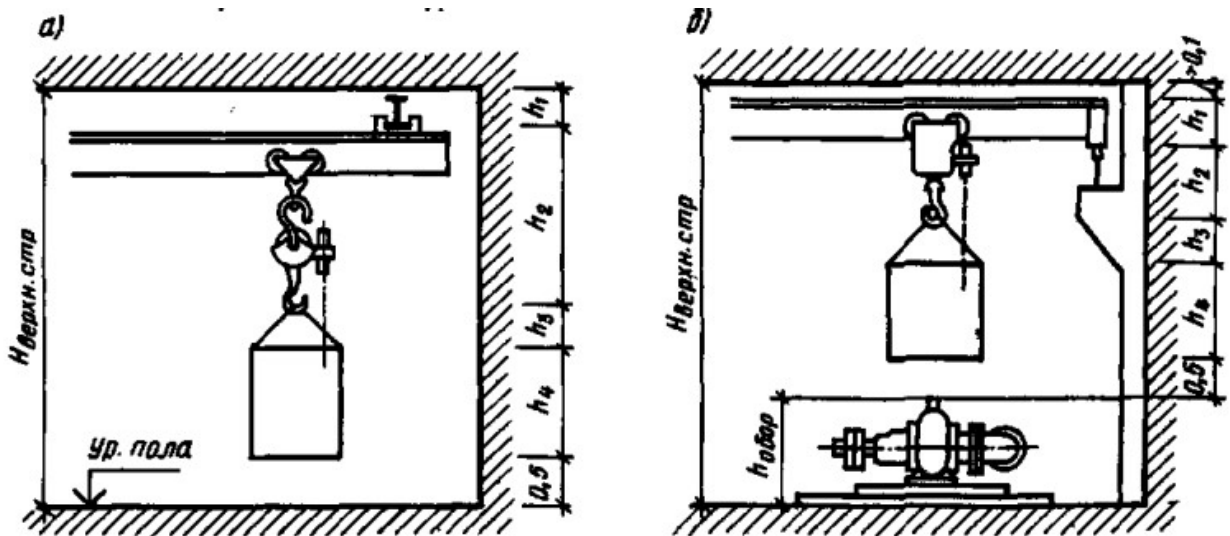


Рис.8.2. До визначення висоти верхньої будівлі насосної станції.

- а) приміщення обладнане підвісною кран-балкою;  
 б) те ж з додатковим проносом обладнання.

Якщо при транспортуванні вантажу на монтажний майданчик його необхідно проносити над встановленим обладнанням (рис.8.2б), то в формулу (8.2) вводиться додатково висота цього обладнання  $h_{\text{обл}}$ .

Верхня частина будови насосної станції, обладнаної мостовим краном повинна мати висоту (рис.8.1)

$$H_{\text{верх.бкд}} \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,5 + h_{\text{обл}} + 0,1, \quad (8.3)$$

де  $h_1$  – висота крану на головкою підкранового рельса;

$h_2$  – мінімальна висота від крюка крана до головки рельса;

0,1 – мінімальна відстань по висоті від низа перекриття до верха балки або вантажного візка крана, м.

Якщо вантаж (насос, електродвигун) доставляється безпосередньо на монтажний майданчик насосної станції, то для можливості його навантаження і розвантаження висоту верхньої частини, яка підрахована за формулою треба збільшити на висоту від підлоги до вантажної платформи.

## 8.2. Підйомно-транспортне обладнання.

Підйомно-транспортне обладнання передбачається для монтажу, демонтажу насосних агрегатів, трубопроводів, арматури на них і іншого технологічного обладнання.

Підйомно-транспортне обладнання добирається з урахуванням

- а) максимальної маси переміщуваного об'єкта;
- б) розмірів і форми МЗ (машинний зал);
- в) компоновки і розташування технологічного обладнання в МЗ.

Основне призначення підйомно-транспортного обладнання – зняти підвезене обладнання з транспортного засобу, ввезти його в МЗ, перемістити до місця встановлення і встановити.

***Види підйомно-транспортного обладнання.***

При горизонтальному переміщенні при масі (обладнання або труб) менше 0.3т воно здійснюється вручну з використанням інвентарних пристроїв та обладнання (візок, тринога, домкрати).

Для монтажу , ремонту і демонтажу відносно неважкого обладнання використовують **підйомно-транспортне обладнання з ручним приводом:**

- 1) При масі вузлів до 1000 кг включно – використовують кошку і таль по монорельсу.
- 2) При масі вузлів до 5000 кг – використовують підвісну балку.
- 3) При масі вузлів більше 5000 кг – застосовують мостовий кран.

При підйомі обладнання на висоту 6 м і більше або при довжині монтажної зали 18 м і більше, або при масі обладнання більше 5000 кг рекомендується застосовувати електричні кран-балки або мостові електричні крани.

Рис.8.3. Кішка і таль ручна.

Схема підвісної ручної і електричної кран-балки приведена на рис.8.4.

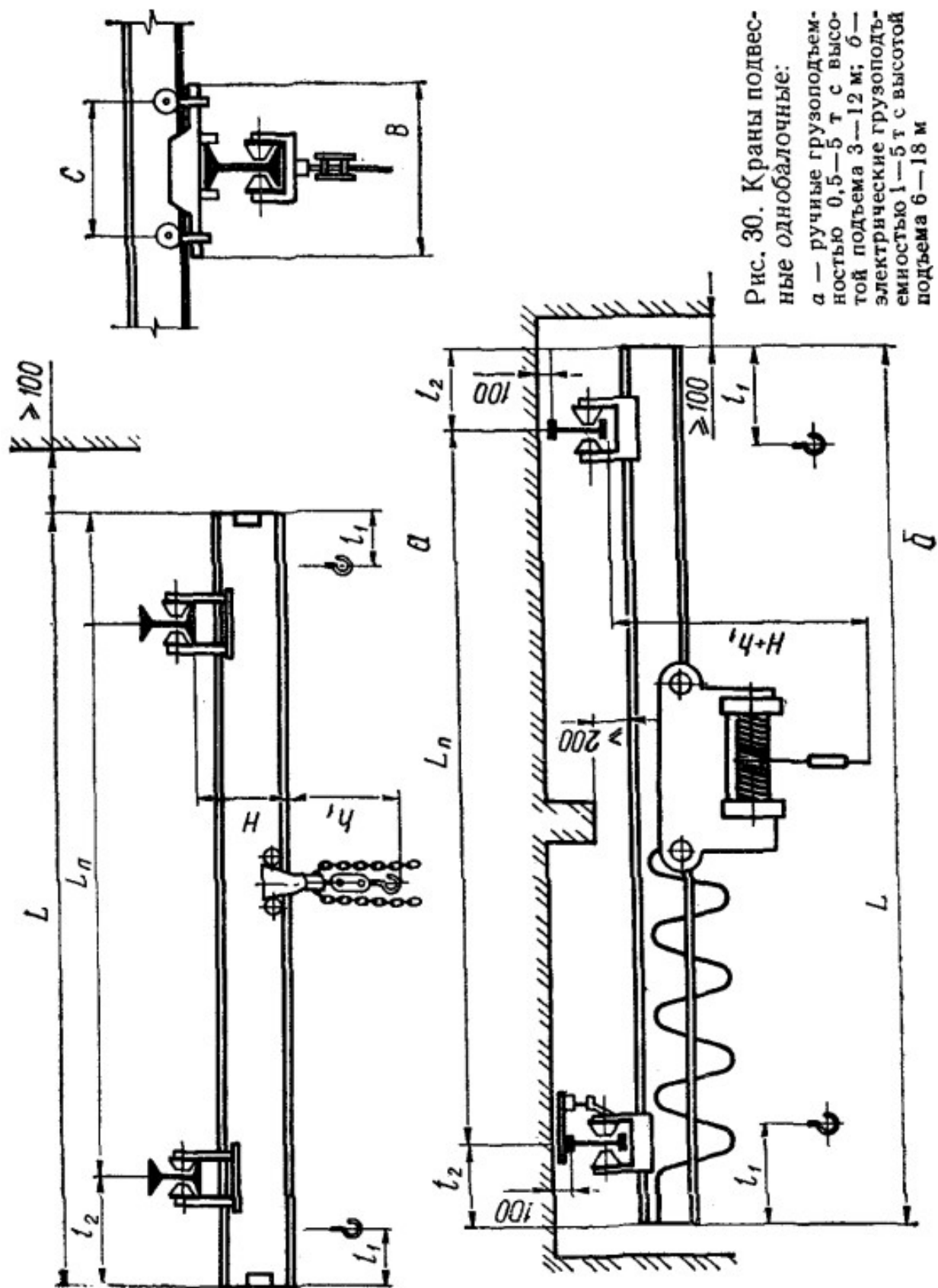


Рис. 30. Краны подвесные однобалочные:  
 а — ручные грузоподъемностью 0,5—5 т с высотой подъема 3—12 м; б — электрические грузоподъемностью 1—5 т с высотой подъема 6—18 м

Рис.8.4.Схема підвісної ручної і електричної кран-балки.

Схеми мостових кранів приведені на рис.8.5

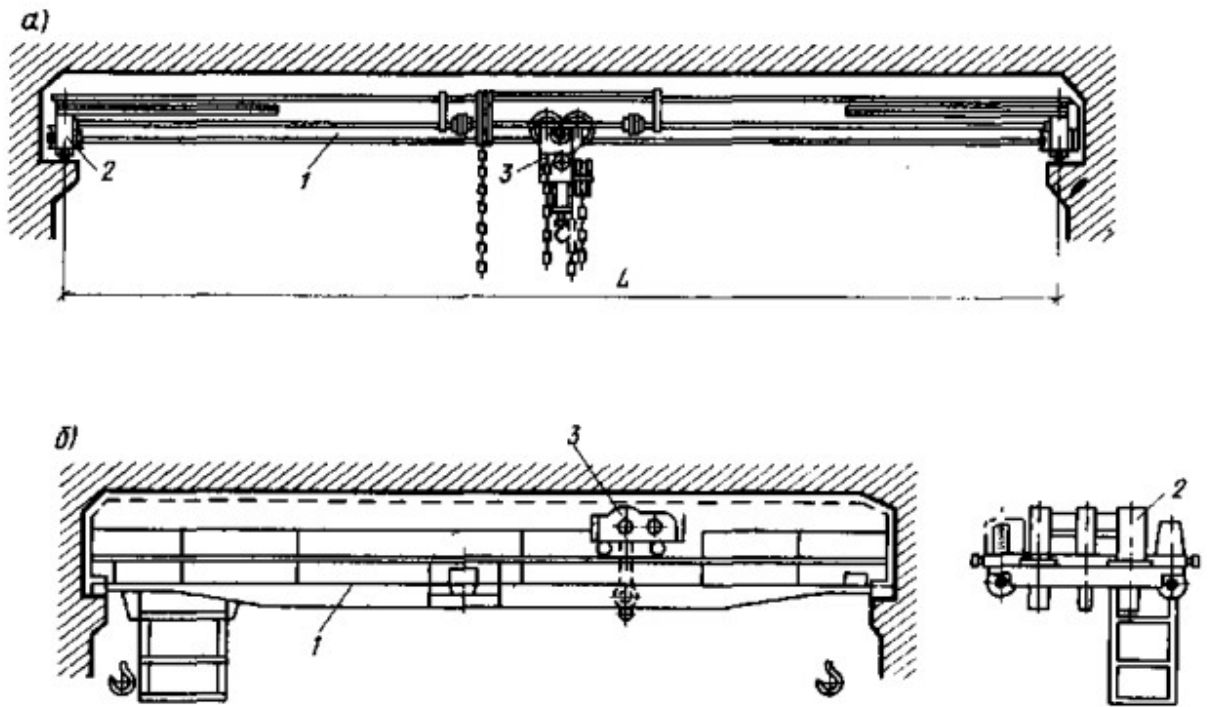


Рис.8.5. Схеми мостових кранів.

а) ручний одно балковий мостовий кран вантажопідйомністю 3 – 8 т;

б) електричний мостовий кран вантажопідйомністю 5 – 50 т.

1. міст. 2. механізм пересування моста. 3. механізм підйому вантажу грузу і його переміщення.

Схема козлового електричного крану приведена на рис.8.6.

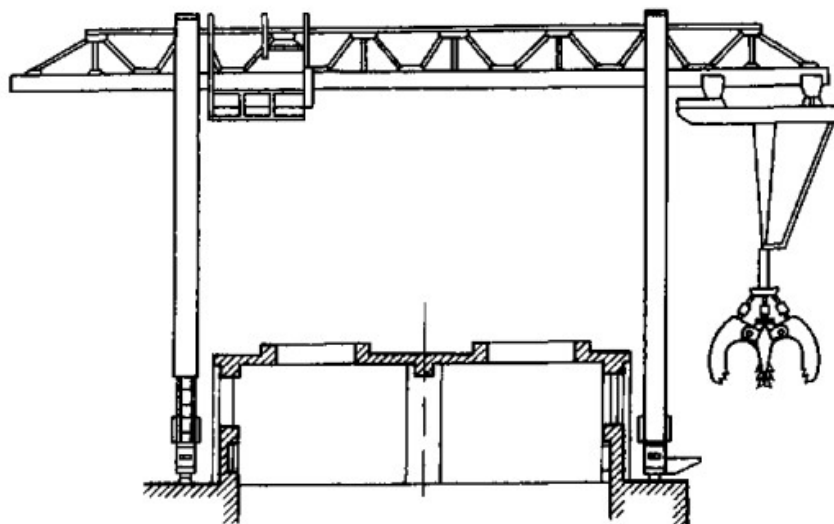


Рис.8.6. Схема козлового електричного крану прольотом 11 м вантажопідйомністю 6 т..

*Схеми монтажно-транспортних робіт і висота МЗ*

Монтажно-транспортні роботи передбачають ввезення обладнання всередину МЗ на транспорті або на монтажнім візку, переміщення і встановлення його на місце підйомно-транспортним обладнанням. Застосування візка дозволяє зменшити висоту МЗ. В МЗ слід передбачити монтажну площадку для розміщення транспорту (візка) з вільним проходом з усіх сторін 0,7м.

Схеми використання вантажопідйомного обладнання для різних виробничих випадків приведені на рис.8.7а,б.

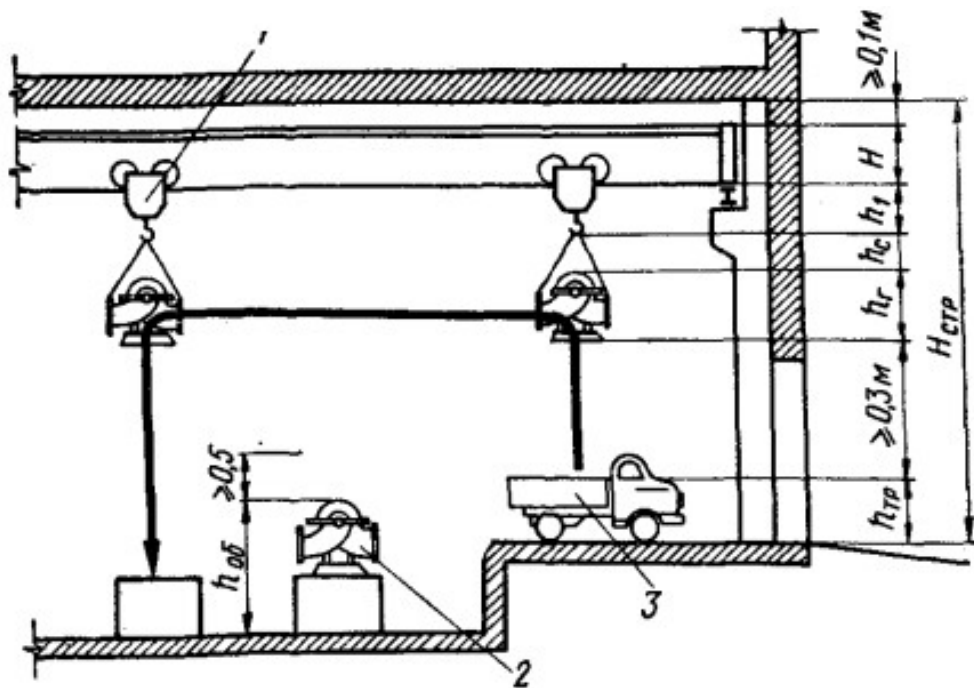


Рис. 28. Схема подъемно-транспортных операций в незаглубленных и полузаглубленных насосных станциях:

1 — грузовая тележка крана; 2 — установленный насос;  
3 — автомобиль

Рис.8.7.а. Монтажный майданчик розташований всередині машинної зали насосної станції.



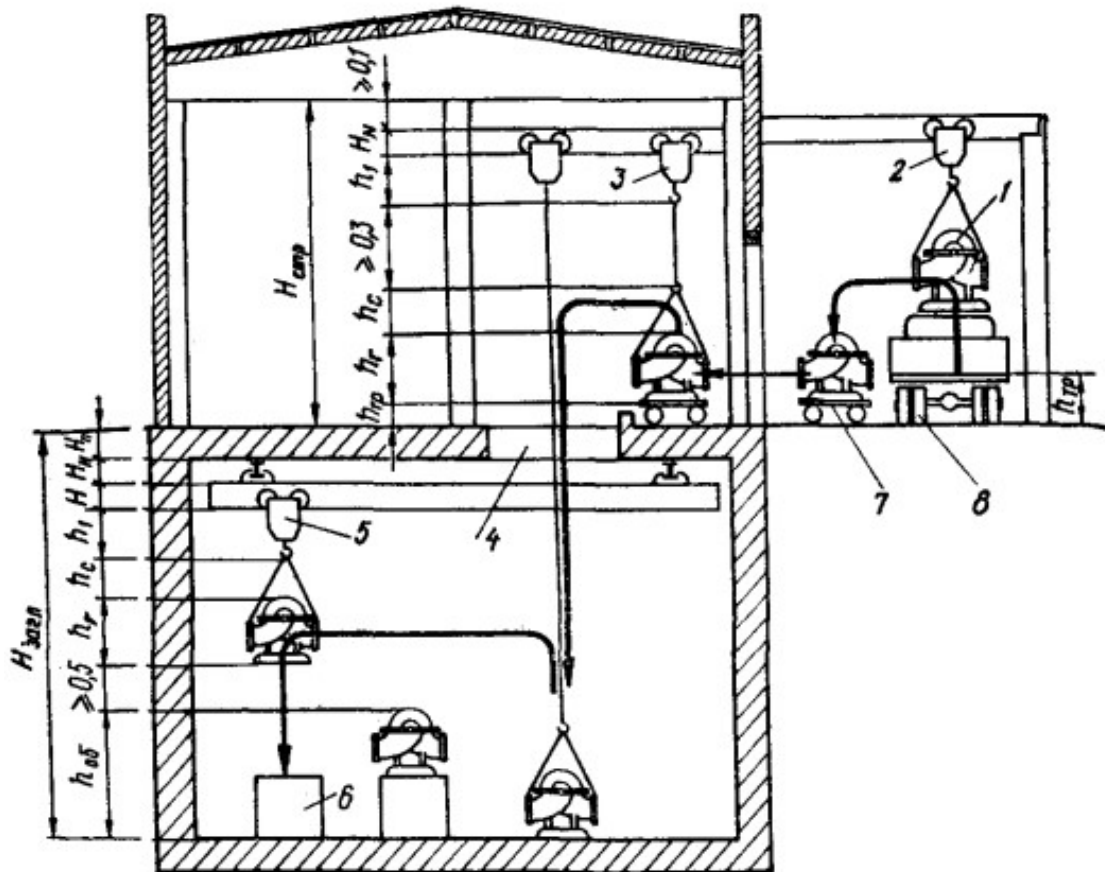


Рис. 19. Схема подъемно-транспортных операций в заглубленных насосных станциях:

1 — транспортируемый насос; 2 — тельфер; 3, 5 — грузовые тележки крана; 4 — монтажный проем; 6 — фундамент под насос; 7 — нивелляционная тележка; 8 — автомобиль

Рис.8.7б. Монтажный майданчик розташований зовні машинної зали насосної станції.

### 8.3. Будівельні конструкції наземних частин НС

Верхня частина насосної станції представляє собою, як правило звичайну промислову будівлю, яка в залежності від розмірів і вантажопідйомності підйомно-транспортних засобів може бути каркасною або безкаркасною конструкції (з суцільними стінами)..

**Безкаркасну конструкцію** частіше всього виконують з цегляної кладки, а іноді із збірних бетонних або цегляних монолітних блоків. При висоті стін до 6 м і масі самої важкої деталі до 3000 кг товщина стін приймається в 2 цеглини. Монорельси тельферов і повздовжні путі кран-балок підвішують до балок перекриття. Якщо в будівлі насосної станції встановлюється більш важке обладнання (маса монтажною одиниці до 5000 кг), стіни виконують в дві цеглини.

**Каркасну конструкцію** використовують в будівлях великих насосних станцій, коли маса самої важкої деталі перевищує 5000 кг. Каркас будівлі складається з системи колон, на які опираються ферми перекриття і підкранові балки. Балки і колони можуть бути виконані тільки з металу, монолітного або збірного залізобетону або з їх різних поєднань. Каркас встановлюється таким чином, щоб з зовнішньої сторони він був захищений стінами товщиною не менше половини цегли.

**Кровлю** верхньої будови виконують, як правило, із збірних залізобетонних плит товщиною до 300 мм з утепленням з шлаку або пінобетону. Верхнє рулонне покриття вкладають по цементній стяжці товщиною 20 – 30 мм.

**Підлогу** улаштовують з різним покриттям: в машинному залі – з метласької плитки або асфальтові, на монтажному майданчику – асфальтові, в приміщеннях розподільчих пристроїв – цементні або ксилолітові, в службових приміщеннях – дерев'яні.

Загальна площа **вікон**, як у промислових підприємствах, повинна складати не менше 1/8 площі підлоги машинної будівлі.

Розмір **воріт** для в'їзду на монтажний майданчик визначають в залежності від габаритів транспорту і транспортує мого обладнання.

У верхній частині будівлі насосної станції для проведення мілкового ремонту належить передбачати улаштування **майстерні**.

Також необхідно передбачати приміщення для обслуговуючого персоналу станції.

Будівлі водопровідних насосних станцій першого і другого класів надійності повинні задовольняти I і II степені вогнестійкості. Якщо насосна станція блокується з іншими виробничими приміщеннями, то її необхідно відділяти від них незгораємими огорожуючи ми конструкціями.

Схема улаштування каркасної конструкції будівлі насосної станції і варіанти розміщення допоміжних приміщень приведена на рис.8.8.

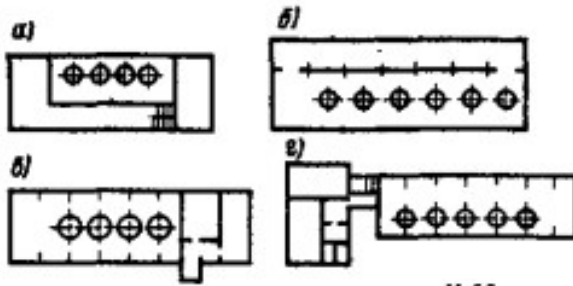


Рис. 10.22. Компоновка вспомогательных помещений в здании насосной станции  
 а—встроенные; б—пристроенные вдоль машинного зала, в—пристроенные в торце, г—в отдельном блоке с переходом

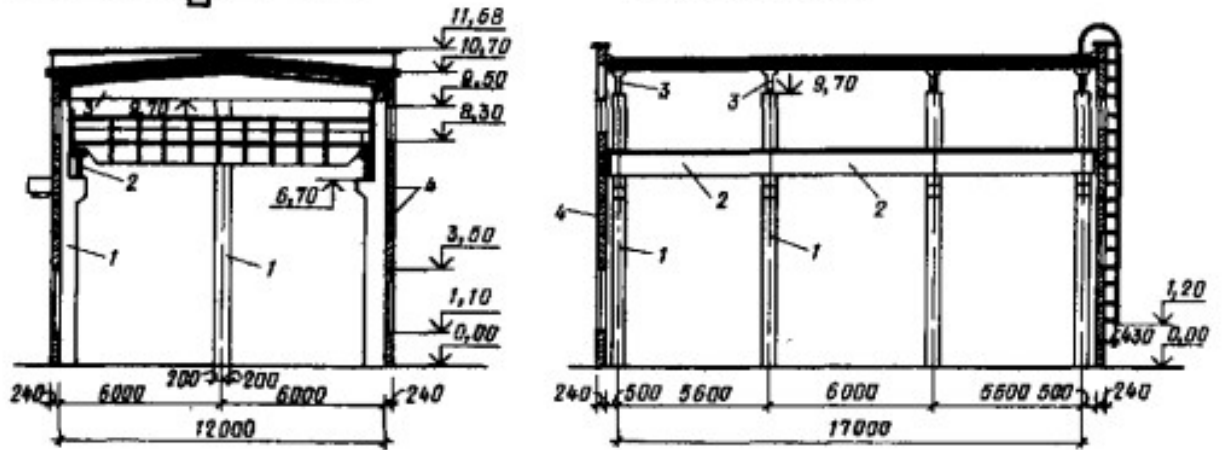


Рис. 10.23. Верхнее строение здания насосной станции каркасной конструкции  
 1—колонны, 2—подкрановые балки, 3—фермы перекрытия; 4—стеновые блоки

Рис.8.8. Схема улаштування каркасної будівлі насосної станції.

**ТЕМА 9.**  
**НАСОСНІ СТАНЦІЇ І УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАБОРУ ПІДЗЕМНИХ ВОД  
ТА ПЕРЕСУВНІ НАСОСНІ СТАНЦІЇ**

**9.1. Насосні станції і установки для забору підземних вод**

У водоносних пластах, які залягають на глибині більше 10 м, водозабір ґрунтових вод здійснюють, як правило, за допомогою трубчатих колодязів. Трубчаті колодязі частіше всього обладнують відцентровими насосами з електродвигунами встановленими на поверхні землі або заглибленими насосами з електродвигунами, розташованими безпосередньо в глибині свердловини. В усіх випадках передбачається установка насосів в надземних або підземних приміщеннях.

Робота таких насосних станцій звичайно відбувається без постійного обслуговуючого персоналу. Проектом передбачається можливість (в залежності від місцевих умов) застосування місцевого, дистанційного автоматичного і телемеханічного управління.

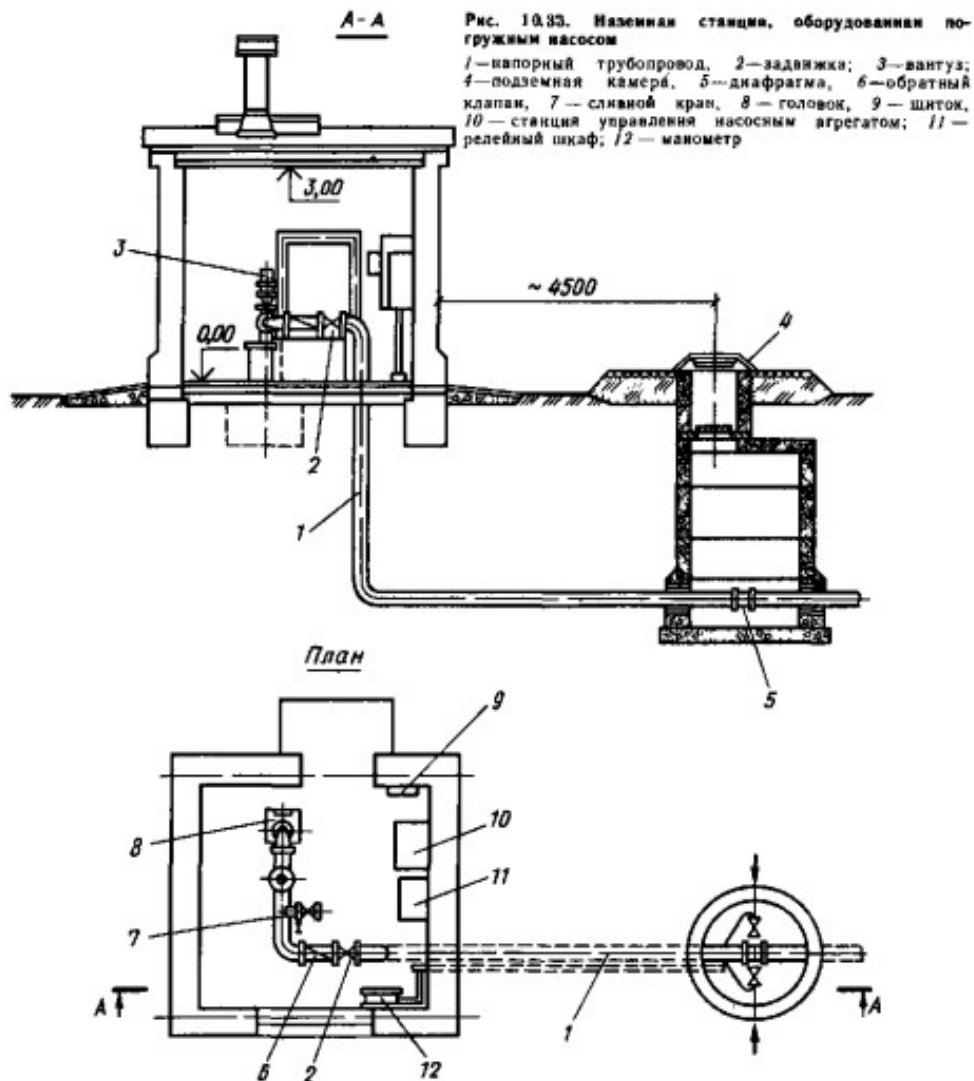


Рис.9.1. Артезіанська свердловина з наземним павільйоном.

На рис.9.1 в якості прикладу показано загальний вигляд насосної станції з зануреними насосами типу ЕЦВ (артезіанська свердловина) з наземним павільйоном, де встановлено все необхідне технологічне обладнання.

Напірний трубопровід від свердловини обладнано вантузом, зливним краном, зворотним клапаном і засувкою. Устє свердловини (верх свердловини) залито бетонний оголовок, в який вмонтовано пристрій для заміру рівня води. Подача води вимірюється мірною діафрагмою, яка встановлена в підземній камері. В наземному павільйоні насосної станції окрім механічного обладнання розташовані: станція управління насосною станцією управління насосним агрегатом, релейна шафа, електропіч для опалення. Розміри павільйону в плані не перевищують 3Х4,5 м. Вода з свердловини подається або зразу в систему водопостачання об'єкту або на очисні споруди водопостачання.

На рис.8.2 показано загальний вигляд підземної насосної станції з установленим в ній заглибленим насосом ЕЦВ.

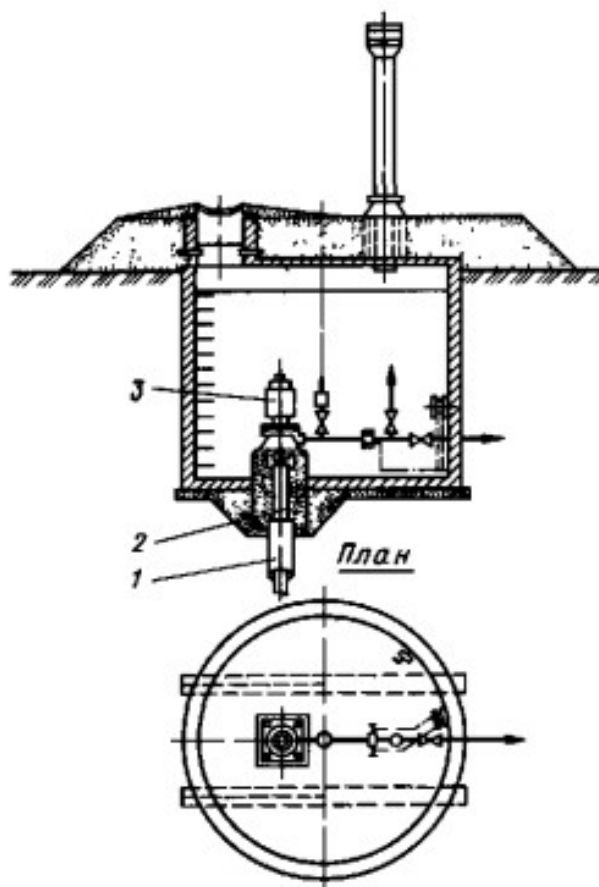


Рис. 10.34. Подземная насосная станция, оборудованная насосом типа АТН с трансмиссионным валом  
1—обсадная труба, 2—напорный трубопровод с валом  
3—электродвигатель

Рис.9.2. Схема підземної насосної з свердловиною.

Основне і допоміжне обладнання підземної станції таке ж як і наземної. Стіни підземних камер виконуються із збірних залізобетонних кілець, днищ і оголовок – монолітні, перекриття – залізобетонні плити. Вентиляція камери природна. Для відкачування розлитої води передбачається спеціальний самовсасуючий насос (гном).

## 9.2. Пересувні насосні станції

Для тимчасового водопостачання, в тому числі будівельних майданчиків застосовують пересувні насосні установки і невеликі насосні станції.

Схема пересувної електрифікованої насосної станції приведена на рис.9.3.

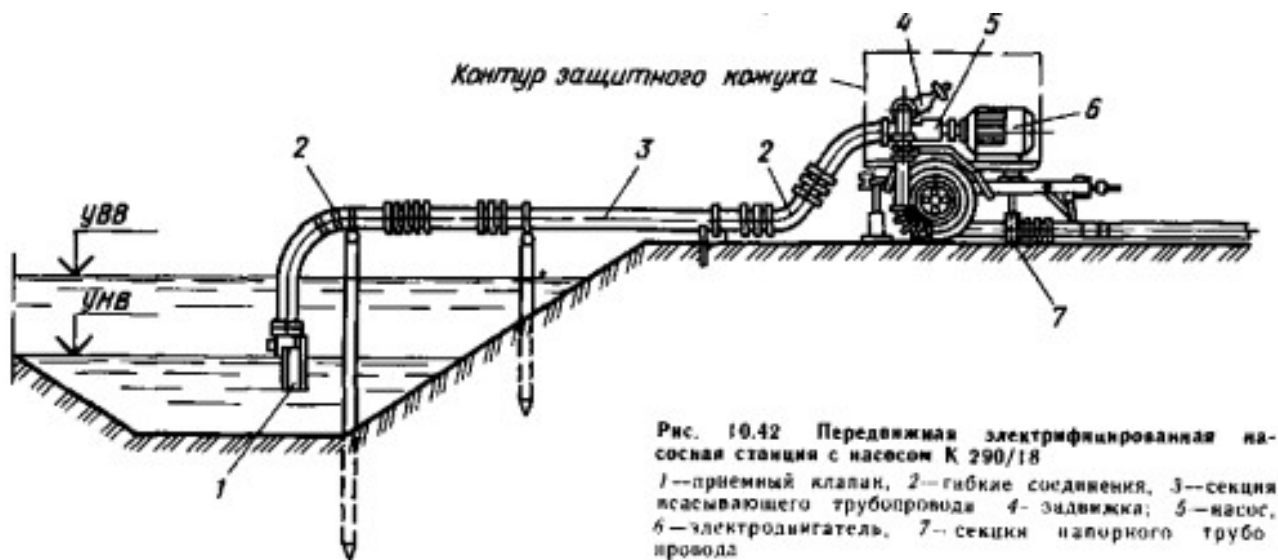


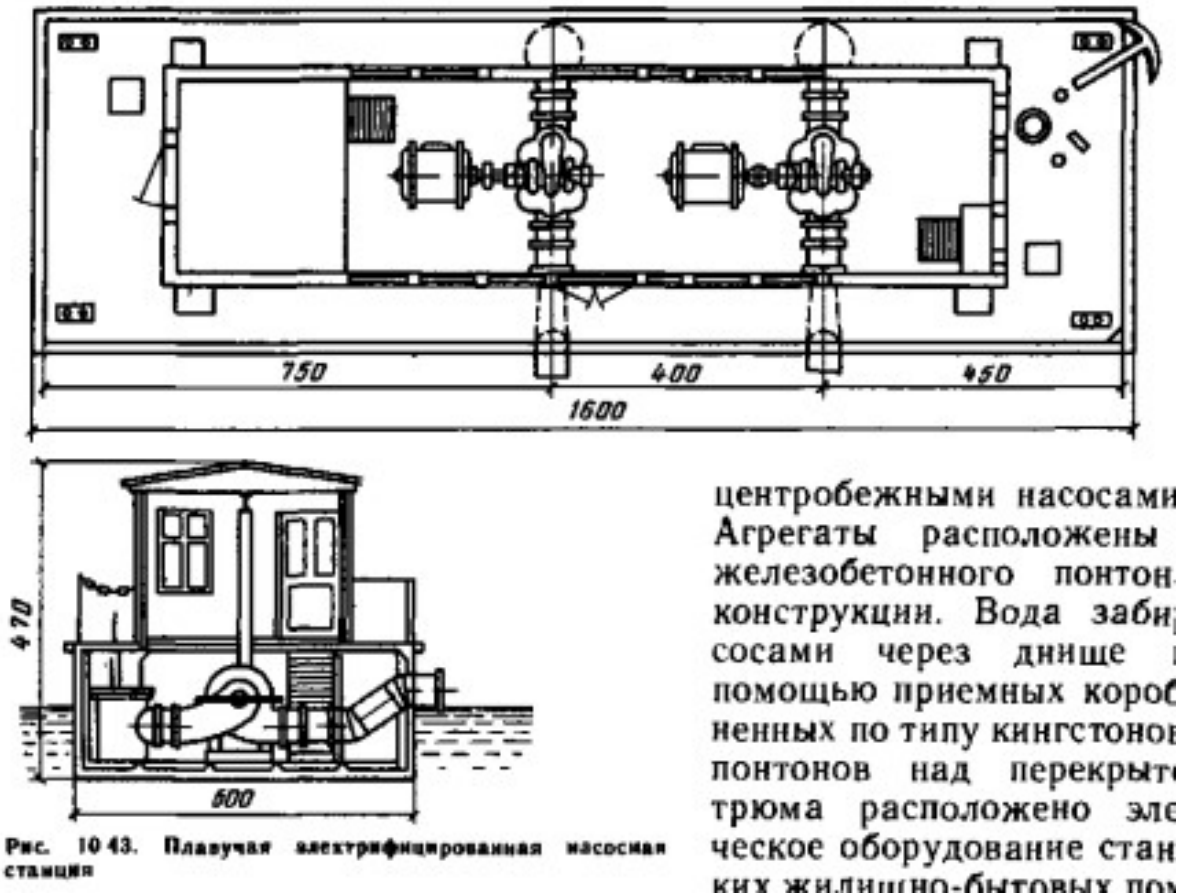
Рис.9.3. Схема пересувної насосної станції.

Як правило, в пересувних насосних станціях застосовують відцентрові насоси. В якості двигуна насоса часто використовують привідний механізм трактора. Взагалі сама станція часто встановлюється на тракторний причеп, на якому вона пересувається. Якщо станція приймається електричною то на причепі монтується і необхідний трансформатор.

Тимчасові насосні станції часто встановлюють на плаваючий понтон (металевий або залізобетонний). Ті станції є найбільш потужними з пересувних станцій. В якості двигуна насосів застосовують двигуни внутрішнього згорання або електродвигуни.

Вода забирається насосами через днище понтону.

На рис.9.4. приведена схема плавучої електрифікованої насосної станції.



центробежными насосами. Агрегаты расположены в железобетонном понтоне конструкции. Вода забирывается через днище с помощью приемных коробчатых по типу кингстонов. В понтоне над перекрытием трюма расположено электрическое оборудование станций жилищно-бытовых пом

Рис.9.4. Схема плавучої насосної станції (пересувної).



## ТЕМА 10. ДОПОМІЖНЕ НАСОСНЕ ОБЛАДНАННЯ

Для забезпечення нормальних умов експлуатації основного насосного обладнання і споруд насосної станції в цілому необхідно влаштування різних допоміжних систем.

### **1. Системи заливки насосів.**

В НС другої і третьої категорій надійності, де насоси можуть встановлюватися **не під залив**, треба передбачати можливість заповнення водою усмоктувального трубопроводу і насоса перед його запуском (насоси відцентрові і осьові).

Якщо насос встановлений під залив (нижче рівня води в приймальному резервуарі), то для його заливу достатньо відкрити засувку на всмоктувальному трубопроводі насоса і кран для випуску повітря встановлений у верхній точці корпусу насоса.

В тих випадках, коли відцентрові насоси встановлені вище рівня води в приймальному резервуарі, на насосних станціях встановлюють спеціальну систему для заливки.

**1.1 Заливка насоса з напірного трубопроводу** можлива при наявності обвідної труби, яка з'єднує напірний трубопровід з корпусом насоса, і приймального клапану на всмоктувальному трубопроводі (рис.10.1а). На обвідній трубі при цьому відкривають засувку і заливають всмоктувальний трубопровід і насос до тих пір, поки вода не з'явиться в повітряному крані.

Приймальні клапани вибирають таким чином, щоб сумарний переріз отворів в клапані був у 2 – 3 рази більше перерізу всмоктувального трубопроводу. При цьому, через відносно великий гідравлічний опір цих клапанів, їх встановлення на всмоктувальних трубопроводах діаметром до 200 мм лише на насосних станціях третього класу надійності дії. При цьому заповнення від напірного трубопроводу здійснюється вручну.

При більших діаметрах для відкачування повітря можна використовувати струминний насос, приєднаний до напірного водоводу.

### **1.2. Заливка насоса за допомогою струминного насоса.**

При цьому струминний насос створює вакуум в корпусі насоса і його всмоктувальній лінії. (рис.10.1б). Струминний насос, який працює від напірного трубопроводу або від автономного джерела, приєднується до верхньої частини корпусу насоса. Вода, пар або стиснене повітря поступає з великою швидкістю в сопло, захоплюючи з собою повітря з насоса і

створюючи таким чином розрідження, заповнюючи насос водою. Перед пуском струминного насосу засувка на напірному трубопроводі основного насосу повинна бути щільно закрита. Як тільки струминний насос почне викидати рідину, що перекачується, можна включати основний насос.

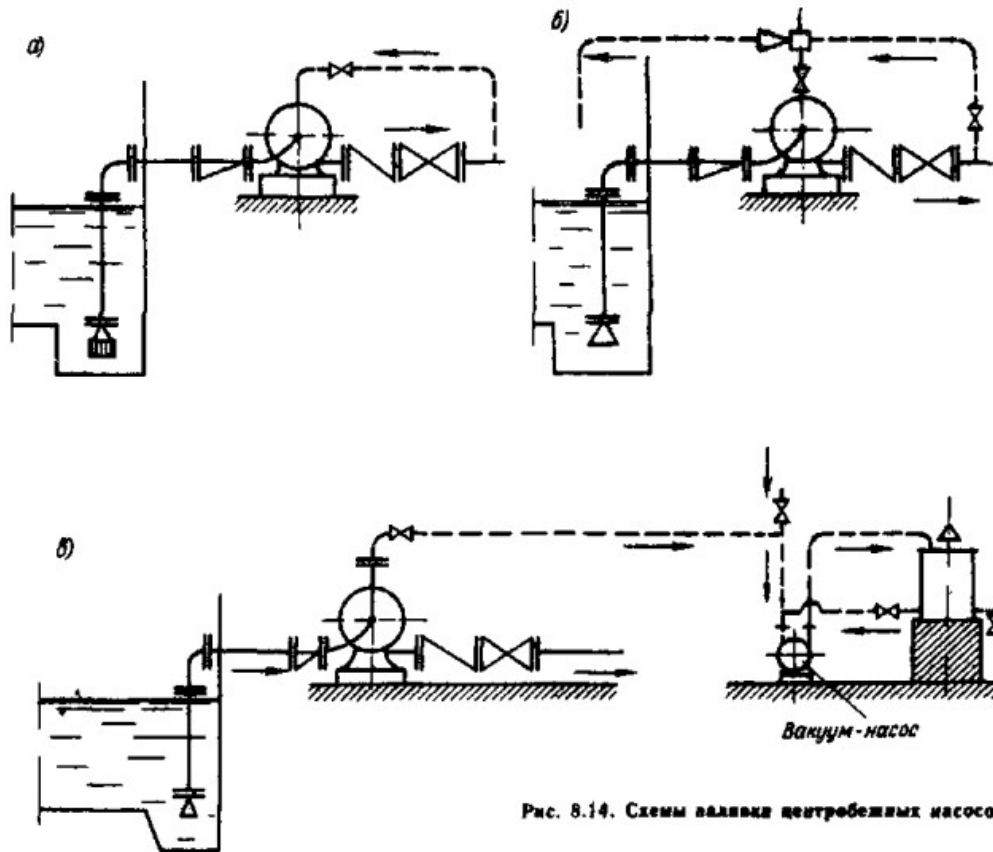


Рис. 8.14. Схеми заливки центробежных насосов

Рис.10.1. Схеми заливки відцентрових насосів

**1.3.Заливка насосу за допомогою вакуум-насосу (вакуум-котлом)** є найбільш поширеним способом заливки насосу. Застосовується на великих насосних станціях, які обладнані потужними насосами. При цьому розрідження, яке необхідне для заповнення водою насоса і всмоктувальної лінії, створюється вакуум-насосом, який приєднаний до корпусу основного насоса через циркуляційний контрольний бачок (рис.10.1в).

Необхідну подачу вакуум-насосу для попередніх розрахунків визначають виходячи з часу, який необхідний для створення розрахункового розрідження, і сумарного об'єму повітря у всмоктувальному трубопроводі і насосі за формулою

$$Q_{\text{вн}} = 1000k(W_{\text{н}} + W_{\text{тр}}) / (60t(1-(H_{\text{с}}/H_{\text{amb}}))),$$

де  $Q_{\text{вн}}$  – подача вакуум-насосу, л/с;

$W_{\text{н}} + W_{\text{тр}}$  - об'єм корпусу насоса і усмоктувальної труби,  $\text{дм}^3$ ;

- $H_s$  - геометрична висота усмоктування, м;  
 $H_{amb}$  – атмосферний тиск у метрах водяного стовпа;  
 $k$  - коефіцієнт запасу (1,05÷1,15);  
 $t$  - час заливки насосу, л/с (для протипожежних насосів не більше 2 хв. і до 3 – 5 хв. для насосів іншого призначення).

Вакуум насос відкачує повітря через вакуум котел.

Звичайно на станції встановлюють два вакуум-насоси з одним циркуляційним бачком (вакуум-котлом). Один насос робочий, другий – резервний.

Перевагою цього способу, що він дає можливість автоматизувати пуск насосу. Вакуум-насоси рекомендуються при роботі на абсолютно чистій воді. При забрудненій воді належить застосовувати струминні насоси.

**2. Дренажні насоси.** Призначення – відкачувати воду, що потрапляє в машинну залу через стіни і від охолодження сальників. Для збирання води підлога робиться з нахилом 0,01 в бік дренажних лотків. Через лотки вода потрапляє до дренажного приймка, де встановлюється дренажний насос. Насоси можуть бути моноблочними зануреними, або самовсмоктувальними. Резервний насос зберігається на складі.

Напір насоса визначається заглибленням МЗ з додаванням 1÷2 м на гідравлічні втрати. Витрата (подача) дренажного насосу визначається за формулою

$$Q_{др} = (1,5 \div 2)(\sum q_1 + q_2), \text{ л/с}$$

де  $\sum q_1$  – витрата води від сальників, (0,05÷0,1), л/с на один сальник;

$q_2$  – витрата дренажної води через стіни і дно МЗ:

$$q_2 = 1,5 + 0,001 W_{нргв},$$

$W_{нргв}$  – об'єм частини МЗ нижче рівня ґрунтових вод, в м<sup>3</sup>.

**3. Осушувальні насоси.** Відкачують воду, що потрапила в МЗ після аварії. Напір такий же, як у дренажних. Подача в м<sup>3</sup>/год

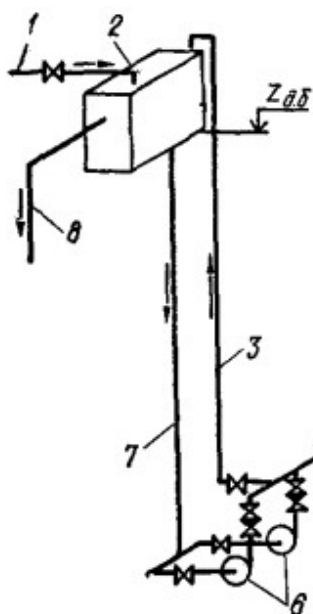
$$Q_{ос} = W_a / 2,$$

де  $W_a$  – об'єм води, що шаром 0,5м залив площу МЗ. Насоси переносні, або стаціонарні.

Звичайно встановлюють два осушувальні насоси, причому обидва робочих. Звичайно улаштовують дно насосної станції з похилом 0,01 в сторону збірних лотки, по яких вода відводиться в спеціальні приймки, звідки вона викачується осушувальними насосами. Осушувальні насоси встановлюють

поряд з дренажними.

**4. Насоси технічного водопроводу КНС.** Подають воду на змащення і охолодження сальників (рис.10.2). Крім КНС можуть мати місце в НС-І. В КНС вода забирається з госпобутового водопроводу. Пряме з'єднання водопроводу з напірними трубами каналізації – неприпустимо. Насоси забирають воду з бака розриву струменя.



над на стено в надземной части насосной станции) с тем, чтобы максимально использовать напор питающей сети.

Вместимость бака для небольших насосных станций, оборудованных основными насосами с подачей до 150 м<sup>3</sup>/ч, прини-

Рис. 63. Схема подачи воды для охлаждения и гидроуплотнения сальников канализационных насосов:

1 — хозяйственно-питьевой водопровод; 2 — бак «разрыва струи»; 3 — перепускной трубопровод; 4 — напорный трубопровод; 5 — основные канализационные насосы; 6 — насосы-повысители напора; 7 — подводящая линия к насосам-повысителям; 8 — переливной трубопровод

Рис.10.2. Схема подачі води для охолодження і гідроуцільнення сальників.

Витрата води  $-(0,3 \div 0,5)$  л/с на 1 насос. Напір насосу

$$H_{ТВ} = H_{ОН} + \Delta H - z_{рс},$$

де  $H_{ТВ}$  – напір насосів технічного водопроводу,

$H_{ОН}$  – напір основних насосів,

$\Delta H$  - запас напору (  $3 \div 20$ ) м,

$z_{рс}$  - перевищення рівня в баку розриву струменя над віссю основних насосів.

**5.Грязьові насоси.** В НС-І використовуються для видалення мулу з камери решіток в приміщеннях приймальних камер. Підлоги приймальних камер влаштовують з похилом в напрямку приймку. Найчастіше для відкачки застосовують водоструминні і відцентрові насоси. Подачу грязевого насосу визначають виходячи з консистенції осаду в середньому 1:10 – 1:12 і менше.

Практично витрату осаду приймають 3 – 8 л/с.

***Допоміжні приміщення насосної станції.***

У насосній станції незалежно від ступеня її автоматизації потрібно передбачати санітарний вузол (унітаз та раковину), приміщення та шафу для зберігання одягу експлуатаційного персоналу (чергової ремонтної бригади). При добовому чергуванні бажано передбачати кімнату для відпочинку.

В каналізаційних НС передбачається душ на 1 розетку. Для великих насосних станцій водопроводу (подача більше 40 000м<sup>3</sup>/добу) також бажано передбачити душову з роздягальною на 2 розетки. На великих НС доцільно передбачати кабінет начальника, майстерню і комору.

При розташуванні насосної станції на відстані не більше ніж 30 м від виробничих будівель, які мають санітарно-побутові приміщення, санітарний вузол допускається не передбачати.

У насосних станціях над водозабірними свердловинами санітарний вузол не передбачається.

Для насосної станції, розташованої поза населеним пунктом або об'єктом, допускається влаштування вигребу.

## ТЕМА 11. КАНАЛІЗАЦІЙНІ НАСОСНІ СТАНЦІЇ (КНС)

### 1. Класифікація каналізаційних насосних станцій.

За родом рідини, що перекачується, каналізаційні насосні станції поділяють на чотири групи:

1. для перекачування побутових стічних вод;
2. для перекачування промислових стічних вод;
3. для перекачування атмосферних вод;
4. для перекачування осадів (на очисних спорудах).

В залежності від місця розташування в загальній схемі каналізації міста і виконуваних функцій розділять КНС:

а) **підкачки** - для підвищення залягання самопливного каналізаційного трубопроводу;

б) **районні** – для збору стічної води в районі міста і подальшому її транспортуванні напірним трубопроводом;

в) **головні** – для транспортування стічних вод всього міста на очисні споруди каналізації.

Каналізаційні насосні станції, як правило, споруджують в самих низьких точках території каналізуємого об'єкта, поблизу водойм. В цих місцях, як правило, має місце високий рівень ґрунтових вод. Тому каналізаційні станції доцільно будувати опускним способом. Зараз для всіх каналізаційних станцій з подачею 50 – 160 тис.м<sup>3</sup> за добу приймають круглу форму.

*Каналізаційні насосні станції класифікують за наступними ознаками:*

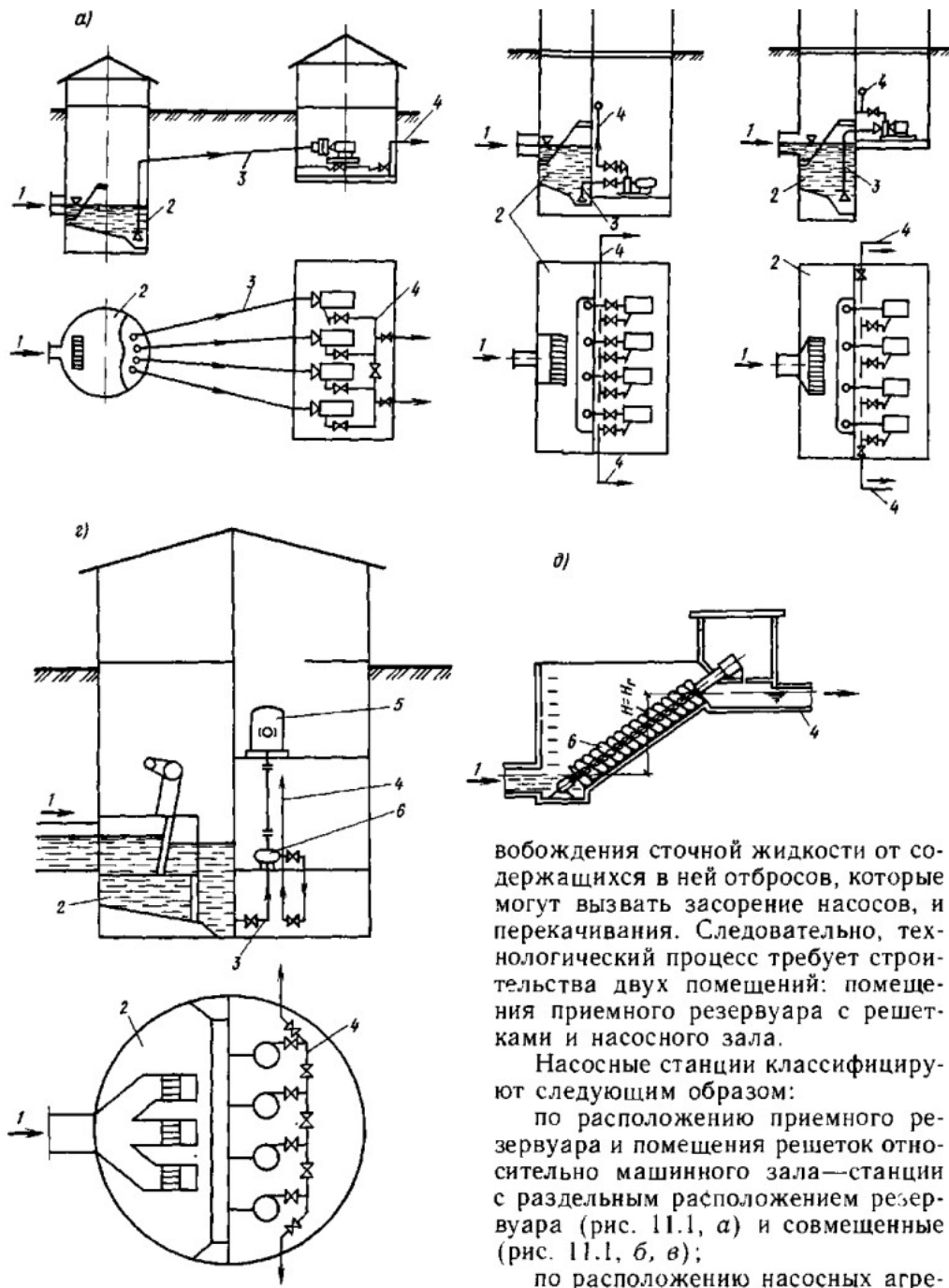
1) По розташуванню приймального резервуару і решіток відносно приміщення машинного залу – станції з роздільним розташуванням резервуару (рис.11.1а) і суміщені (рис.11.1б, в);

2) По розташуванню насосних агрегатів відносно поверхні землі – станції незаглиблені (до 4 м), напівзаглиблені (до 7 м) і шахтного типу (більше 8 м) (рис.11.1г);

3) У відповідності з формою будівлі в плані – станції круглої і прямокутної форми;

4) В залежності від типу встановлених насосних агрегатів – станції з горизонтальними, вертикальними і осьовими насосами;

5) По системі управління агрегатами – станції з ручним управлінням, напівавтоматизовані, автоматизовані з телеуправлінням (управління насосними агрегатами здійснюється за допомогою засобів телемеханізації).



вобожження сточної рідини від вмісту в ній відходів, які можуть викликати засорення насосів, і перекачування. Тому технологічний процес вимагає будівництва двох приміщень: прийомного резервуара з решітками і насосного залу.

Насосні станції класифікують наступним чином:

по розташуванню прийомного резервуара і приміщення решіток відносно машинного залу—станції з окремим розташуванням резервуара (рис. 11.1, а) і поєднані (рис. 11.1, б, в);

по розташуванню насосних агре-

Рис.11.1. Схеми каналізаційних насосних станцій.

а)роздільна; б)сумісна; в)сумісна на скельних ґрунтах; г)шахтна.

- 1.підвідний колектор. 2.приймальний резервуар. 3.всмоктувальні труби.
- 4.напірні труби. 5.електродвигун. 6.насос.

Розрахункова подача КНС, як у НС-II з безбаштовою мережею

$$Q_{НС} = Q_{год.мах.}$$

У великих містах максимальний приток до ГКНС може не співпадати з максимальним водоспоживанням як по величині, так і в часі.

Робота КНС автоматизована таким чином, що насоси вмикаються при максимальному заповненні приймального резервуару і вимикаються при його спорожненні.

Схема для визначення розрахункового напору ГКНС (рис.11.2):

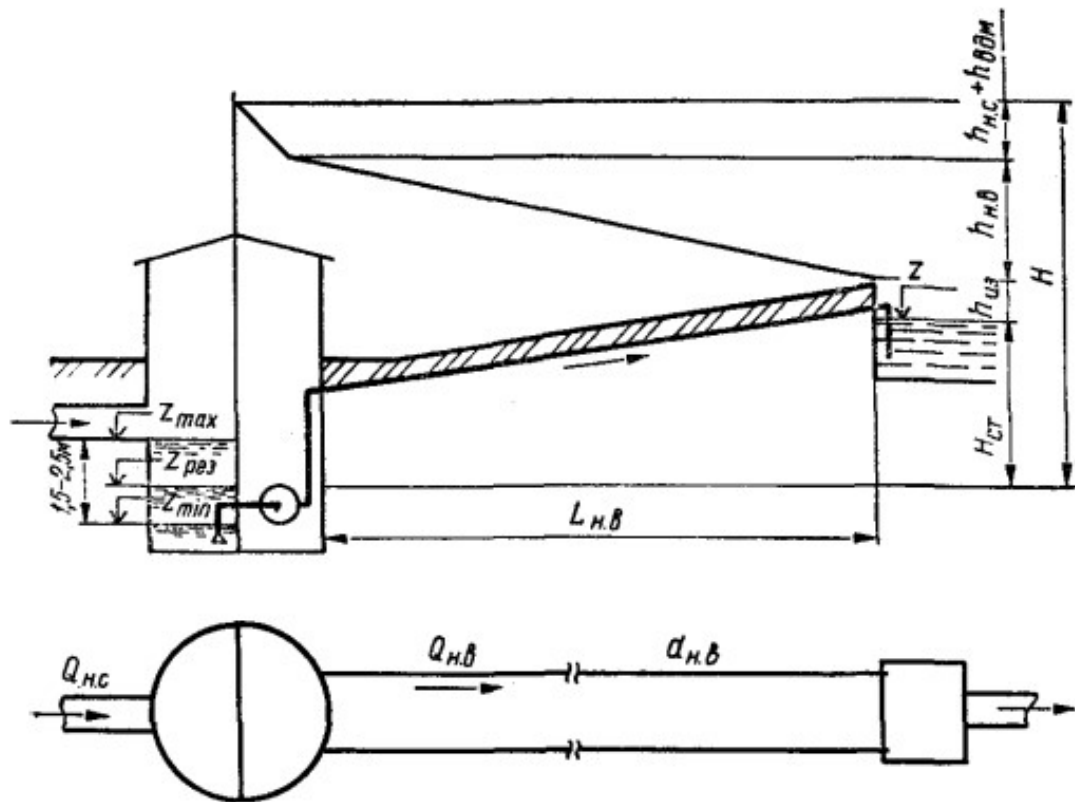


Рис. 59. Схема к определению расчетного напора насосов станции водоотведения

Рис. 11.2. Схема для визначення розрахункового напору насосів каналізаційної насосної станції.

Необхідний напір насосів визначається за залежністю

$$H_{\text{КНС}} = H_{\text{geom}} + h_{\text{НС}} + h_{\text{в.дв}} + h_{\text{н.в}} + h_{\text{в}},$$

де  $H_{\text{geom}} = H_{\text{ст}}$  - перепад між максимальним рівнем в очисних спорудах каналізації і середнім рівнем у приймальному резервуарі ГКНС;

$h_{\text{НС}}$  - гідравлічні втрати в НС;

$h_{\text{в.дв}}$  - гідравлічні втрати у водовимірювачах;

$h_{\text{н.в}}$  - гідравлічні втрати в напірних водоводах;

$h_{\text{в}}$  - втрати на вилив з труби.

В КНС встановлюються під залив спеціальні занурювані або незанурювані насоси. Основні технологічні приміщення КНС: машинний зал (МЗ), приймальний резервуар, грабельне приміщення.



## 2. Приймальні резервуари КНС (ПР).

Приток стічних вод до насосної станції по годинах доби, як правило, нерівномірний. Для забезпечення максимально можливого оптимального режиму роботи насосів необхідно передбачати спеціальний приймальний резервуар. Об'єм приймального резервуару визначається по сумісному графіку притоку стічних вод від населеного пункту. Для зменшення об'єму приймального резервуару графік режиму роботи насосів намагаються максимально наблизити до графіка притоку стічної рідини.

Призначення приймального резервуару з грабельним приміщенням – проведення первинного грубого очищення стічної води для запобігання забивання насосів, накопичення води в години мінімального водовідведення і регулювання увімкненням і вимкненням насосів.

Для затримки великого сміття використовуються ручні і механічні решітки, встановлені в грабельному приміщенні. Затримане сміття, передається на дробарки, подрібнюється і знову скидається в самопливний лоток перед решітками. В невеликих насосних станціях використовують решітки-дробарки, що затримують і одночасно подрібнюють сміття. Існують спеціальні насоси-подрібнювачі (gringer), в яких подрібнювач введений в конструкцію насоса.

При проектуванні каналізаційних насосних подачу насосів звичайно приймають рівною максимальному годинному притоку. ДБН передбачає проектування мінімального об'єму приймального резервуару рівного 5 – хвилинному притоку в годину максимального притоку.

Вважається, що частота включення насосних агрегатів на протязі однієї години повинна бути не більше трьох при ручному управлінні і не більше п'яти при автоматичному управлінні.

Мінімальний об'єм приймального резервуару в м<sup>3</sup> може бути визначена і аналітично за формулою

$$W_{\text{МІН}} = Q_{\text{н}} / (4n),$$

де  $Q_{\text{н}}$  – подача одного насосу, м<sup>3</sup>/год.,

$n$  – дозволена для данного насосу число включень в годину (3-5).

При відомому графіку надходження стічних вод до насосної станції при визначенні мінімального об'єму приймального резервуару також можна користуватися формулою

$$W_{\text{МІН}} = \frac{Q_{\text{ПР}}}{n} \left( 1 - \frac{Q_{\text{ПР}}}{Q_{\text{Н.С}}} \right),$$

де  $Q_{\text{ПР}}$  – мінімальна годинна витрата стічних вод, яка надходить на

насосну станцію, м<sup>3</sup>/год;

$Q_{н.с}$  – подача насосної станції, м<sup>3</sup>/год;

$N$  – число включень насосу на протязі 1 години.

Схема влаштування приймального резервуару приведена на рис.11.3.

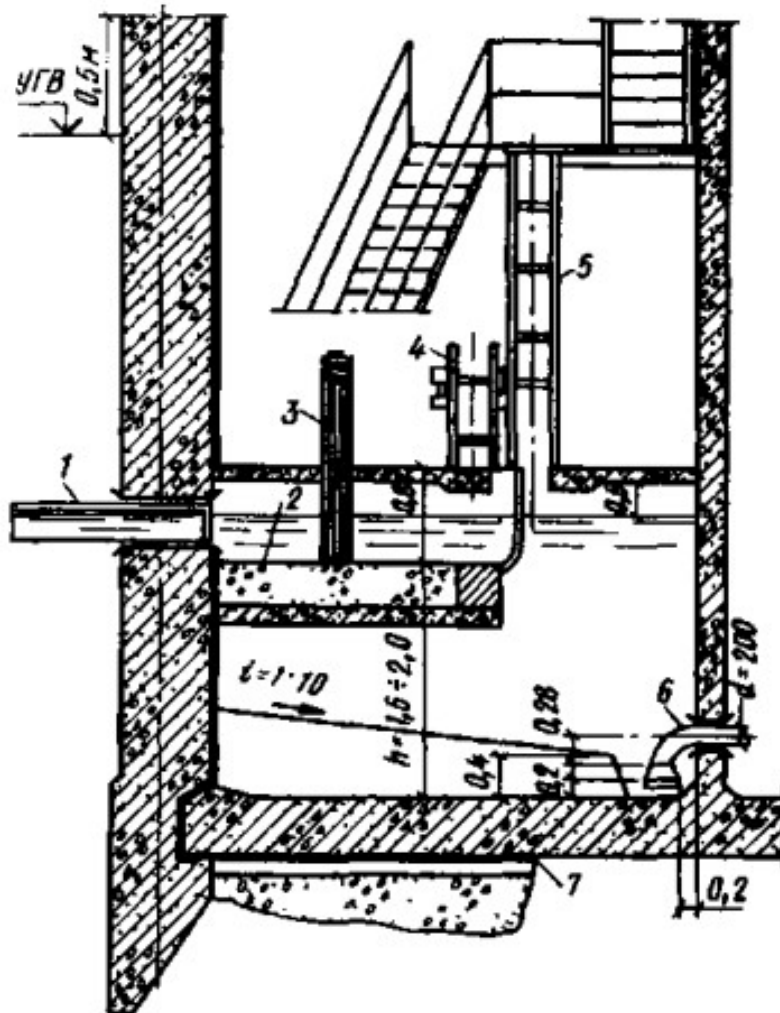


Рис.11.3. Схема улаштування приймального резервуару насосної станції водовідведення.

1. Підвідний колектор. 2. Шибер. 3. Дробилка. 4. Решітка.
5. Всмоктувальний трубопровід. 6. Трубопровід для вимучування осаду.

Об'єм приймального резервуару (ПР) слід приймати мінімальним, щоб зменшити випадіння осаду в НС. Для цього ж існує система змивних трубопроводів і нахил дна в ПР не менше 0,05 - 0,1. Глибину робочої частини приймального резервуару належить приймати не менше 1,5 - 2 м для малих і середніх станцій і 2,5 для великих.

Найвищий рівень води в приймальному резервуарі слід приймати рівним відмітці лотка підвідного колектора.

Переkritтя резервуару встановлюють на 0,5 м вище найвищого рівня стічної рідини в резервуарі. В переkritті резервуару встановлюють два люки (діаметром 0,7 м). Для спуску в резервуар в його стіни вставляють ходові скоби.

Для запобігання попадання в насоси сміття перед ними встановлюють решітки з шириною прозорів, яка залежить від марки насосів. Якщо насосна станція перекачує стічну рідину безпосередньо на очисні споруди, то незалежно від марки насосів, приймають решітку з шириною прозорів 16 мм, а на очисних спорудах решітки не встановлюють. Приклад установки решітки вертикального типу приведено на рис.11.4.

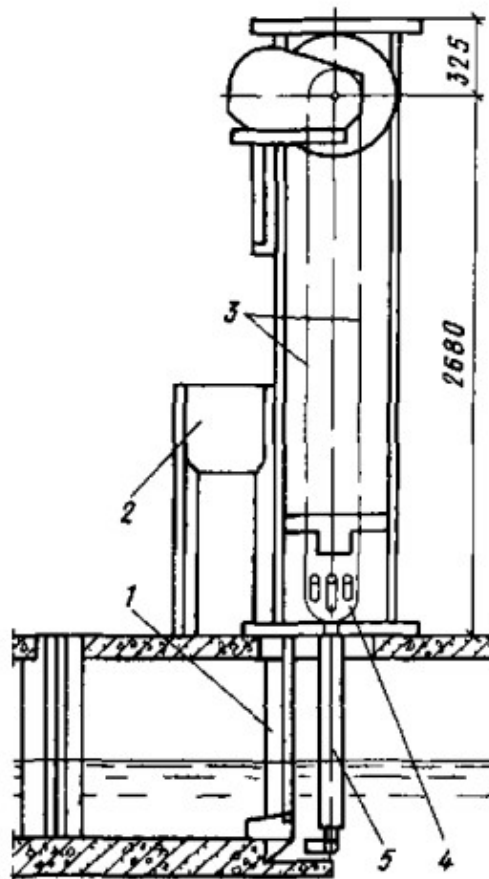


Рис.11.4. Схема установки вертикальної решітки (механізовані).

1.Решітка. 2.Дробилка. 3.Підйомний механізм (ланцюг).

4.Катки. 5.Граблі.

Для невеликих насосних станцій використовують решітки з ручною очисткою. Для великих – механізовані решітки-дробилки. Затримане решітками сміття подрібнюється в дробинках і знову скидається в підвідний

канал перед ними.

Для вибору типу решітки встановлюють необхідну площу живого перерізу проходу робочої частини решіток ( $m^2$ ), яка визначається за формулою

$$\sum F_P = \frac{Q_{МАКС}}{V},$$

де  $Q_{МАКС}$  – максимальна витрата рідини,  $m^3/c$ ;

$V$  – швидкість руху рідини в прозорах,  $m/c$  (рекомендують приймати  $0,8 - 1 m/c$ ).

Задавшись числом робочих решіток  $n$ , визначають площу живого перерізу проходу одної решітки,  $m^2$ :

$$F_P = \frac{\sum F_P}{n},$$

Потім за каталогом підбирають відповідну стандартну решітку.

Кількість робочих решіток треба приймати мінімальним. Однак треба враховувати, що з роботи може бути виключено зразу дві решітки одночасно (одна на капітальний ремонт, а друга – через аварію).

Кількість решіток підбирають так: при одній механізованій робочій решітці – приймають одну механізовану або ручну (краще механізовану); при двох і більше механізованих робочих решітках – з прозорами  $16 - 20 mm$  – дві механізовані.

Решітки встановлюють в спеціальних каналах в кінці підвідного колодного колектора на відстані не менше  $0,5 m$  від лотка колектора. Швидкість руху рідини в каналі перед решітками приймається не менше ніж незамулююча (при якій відбувається самоочищення лотка ( $0,8 m/c$ ))

В підвідному каналі перед решіткою встановлюють шиберний затвор, який дозволяє при необхідності швидко перекрити потік і вимкнути решітку з роботи у випадку пошкодження грабелів.

Для захисту приміщення решіток від затоплення при аварійному виключенні насосних агрегатів на підвідному колекторі повинен бути встановлений аварійний затвор (засувка) з механізованим приводом, який



При довготривалій аварійній зупинці насосів улаштовують аварійний випуск в найближчу водойму (місце аварійного випуску узгоджують з санепідемслужбою). Сьогодні аварійний скид здійснюють в спеціально побудований залізобетонний резервуар з якого потім насосами (зануреними) поступово перекачують рідину в каналізаційний колектор.

Для взмучування осаду, який випав в приймальному резервуарі використовують різні способи. Наприклад, за допомогою перфорованих труб, які вкладаються на дно резервуару. В систему вимучування подають воду з напірного трубопроводу стічної рідини. Мінімальний діаметр трубопроводу для взмучування осаду приймають не менше 50 мм.

В зв'язку з тим, що перфоровані трубопроводи часто забруднюються (отвори забиваються), краще змив осаду передбачати з відкритих випусків труб. Наприклад, використовувати шланг з брандспойтом.

### **3. Обладнання каналізаційних насосних станцій.**

В приміщеннях каналізаційних насосних станцій всмоктувальні і напірні трубопроводи як правило проектуються із сталевих труб. Насосні агрегати повинні розташовуватись за правилами аналогічними як і для водопровідних насосних станцій. Правила прокладки і з'єднання труб також ті ж самі, що і у водопроводу. Підлога насосних станцій водовідведення улаштовується з похилом 0,03 – 0,05 вбік до збірної лотка.

На каналізаційних насосних станціях насоси завжди встановлюються під залив. До кожного насосу, як правило, проектується окремий всмоктувальний трубопровід від приймального резервуару.

**Всмоктувальні трубопроводи**, для недопущення утворення повітряних (газових) мішків в них, прокладаються з підйомом до насосів 0,03 – 0,05 від вхідної воронки до корпусу насосу. При роздільному розташуванні приймального резервуару і машинного залу всмоктувальні труби при великих глибинах закладення (більше 5 м) прокладаються в тунелях або футлярах із залізобетонних труб більшого діаметра.

Діаметр всмоктувальних трубопроводів призначають по економічних швидкостях, яку рекомендується приймати 0,7 – 1,5 м. Для зменшення гідравлічного опору при вході рідини в трубопровід на кінці всмоктувальної труби встановлюють воронкоподібне розширення (вхідна воронка). Діаметр входу  $D_{вх}$  приймають рівним  $(1,3 - 1,5)D_0$  (де  $D_0$  – діаметр всмоктувального трубопроводу), висоту воронки - приймають рівною  $(1,3 - 1,7)D_0$ .

Зворотні клапани на всмоктувальних трубах не встановлюють, так як в

результаті налипання на клапан забруднень, що знаходиться в стічній рідині, засмічується вхідний отвір. Довжина всмоктувального трубопроводу повинна бути мінімальна

Схема висотного розміщення каналізаційного насосу і всмоктувального трубопроводу приведена рис.11.6.

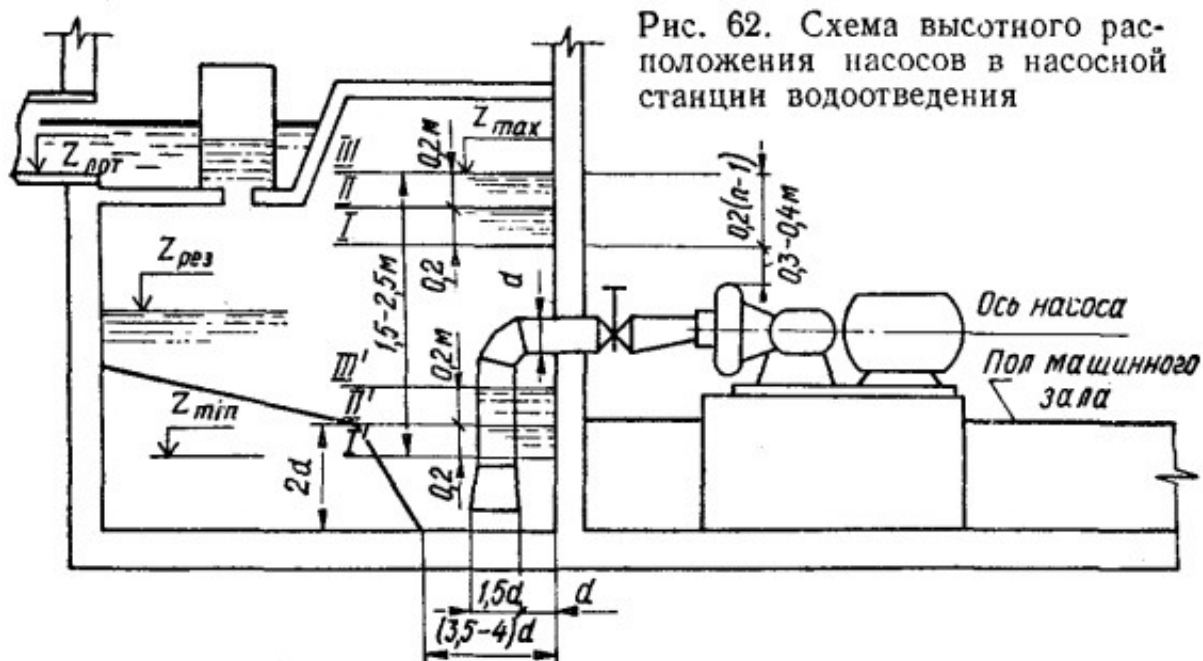


Рис. 62. Схема висотного розположення насосів в насосній станції водоотведення

Рис.11.6. Схема висотного розташування каналізаційного насосу і всмоктувального трубопроводу.

Діаметр **напірних трубопроводів** в межах насосних станцій призначають в залежності від рекомендованих швидкостей руху стічної води в них (1,2 – 2 м/с) на коротких ділянках при крупних насосах швидкість можна приймати до 3 м/с.

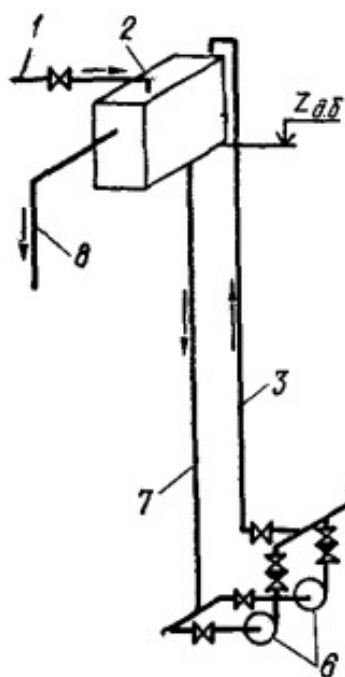
При напорах в трубопроводах більше 30 м на напірному трубопроводі між напірним патрубком насосу і засувкою встановлюють зворотній клапан.

Всмоктувальні і напірні трубопроводи в приміщеннях насосних станцій рекомендується вкладати відкрито на підлогу і по стінах машинного залу. Під арматуру встановлюють бетонні опори висотою 150 – 200 мм.

В якості витратомірів на насосних станціях застосовують соло Вентурі на напірних трубопроводах або використовують індукційні витратоміри.

Водопостачання каналізаційних станцій здійснюється від найближчої водопровідної мережі населеного пункту. Влаштовується дві мережі водопостачання: господарсько-питна і виробнича. Витрата води на господарсько-побутові потреби 45 літрів за зміну на одного працюючого, душ

– 500 літрів, миття підлоги – 0,5 - 1 л/м<sup>2</sup>. Вода на виробничі потреби подається з господарсько-питної системи через бак розриву струмини (рис.11.7).



над на стале в надземной части насосной станции) с тем, чтобы максимально использовать напор питающей сети.

Вместимость бака для небольших насосных станций, оборудованных основными насосами с подачей до 150 м<sup>3</sup>/ч, прини-

Рис. 63. Схема подачи воды для охлаждения и гидроуплотнения сальников канализационных насосов:

1 — хозяйственно-питьевой водопровод; 2 — бак «разрыва струи»; 3 — перепускной трубопровод; 4 — напорный трубопровод; 5 — основные канализационные насосы; 6 — насосы-повысители напора; 7 — подводящая линия к насосам-повысителям; 8 — переливной трубопровод

Рис.11.7. Схема технічного водопроводу каналізаційної насосної станції.

Типовий приклад улаштування каналізаційної насосної станції на три насоси з основним і допоміжним обладнанням приведено на рис.11.8а (переріз) і на 11.8б (план).

Насосна станція обладнана системами господарсько-питного і виробничого водопроводу, а також приточно-витяжною вентиляцією – окремо для приймального резервуару і машинного залу. Для приміщення приймального резервуару і решіток – п'ятикратний обмін повітря за годину; для приміщення трубопроводів насосної зали і зали електродвигунів – однократний обмін повітря за годину. В приміщенні насосної станції повинно бути запроектовано опалення у відповідності з місцевими умовами.

В надземній частині будівлі над приміщенням решіток знаходяться кімната відпочинку обслуговуючого персоналу, санвузол і духова, вище – приміщення для установки вентиляторів і баку розриву струмину; над машинним залом – щитове приміщення і монтажне відділення.

Для транспортування і монтажу обладнання, арматури і трубопроводів встановлюється підйомно-транспортне обладнання.



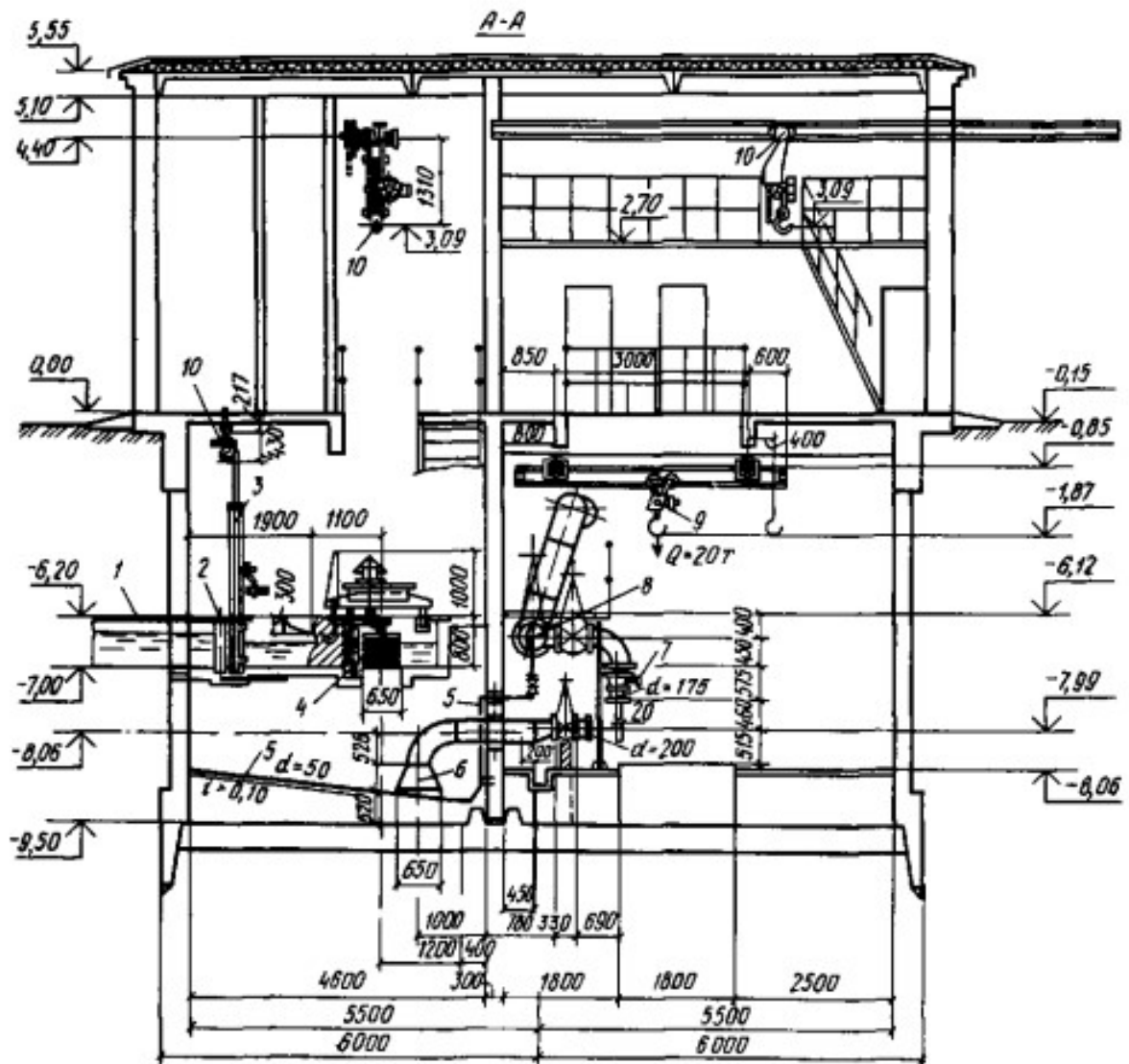


Рис. 11.20. Насосная станция с тремя горизонтальными насосами

1—подводящий коллектор; 2—ремонтная решетка, 3—затворы отключения решетки, 4—решетка дробилка, 5—трубопровод взмучивания; 6—всасывающая воронка, 7—обратный клапан; 8—напорный коллектор, 9—подвесная кран-балка; 10—монорельс с подвесной талью, 11—аварийный выпуск, 12—затвор отключения коллектора; 13—люк; 14—насосный агрегат, 15—ось монорельса, 16—монтажный проем, 17—бак разрыва струи, 18—насос-повыситель

так и в мокрых грунтах выполняется открытым способом.

Институт Гипрокоммунводоканал разработал канализационную насосную станцию со шнековыми подъемниками с подачей 50—100 тыс.м<sup>3</sup>/сут (рис. 11.19). Станция состоит

Рис.11.8а. Приклад розміщення обладнання і трубопроводів в типовій каналізаційній насосній станції на три насосних агрегати (ПЕРЕРІЗ).

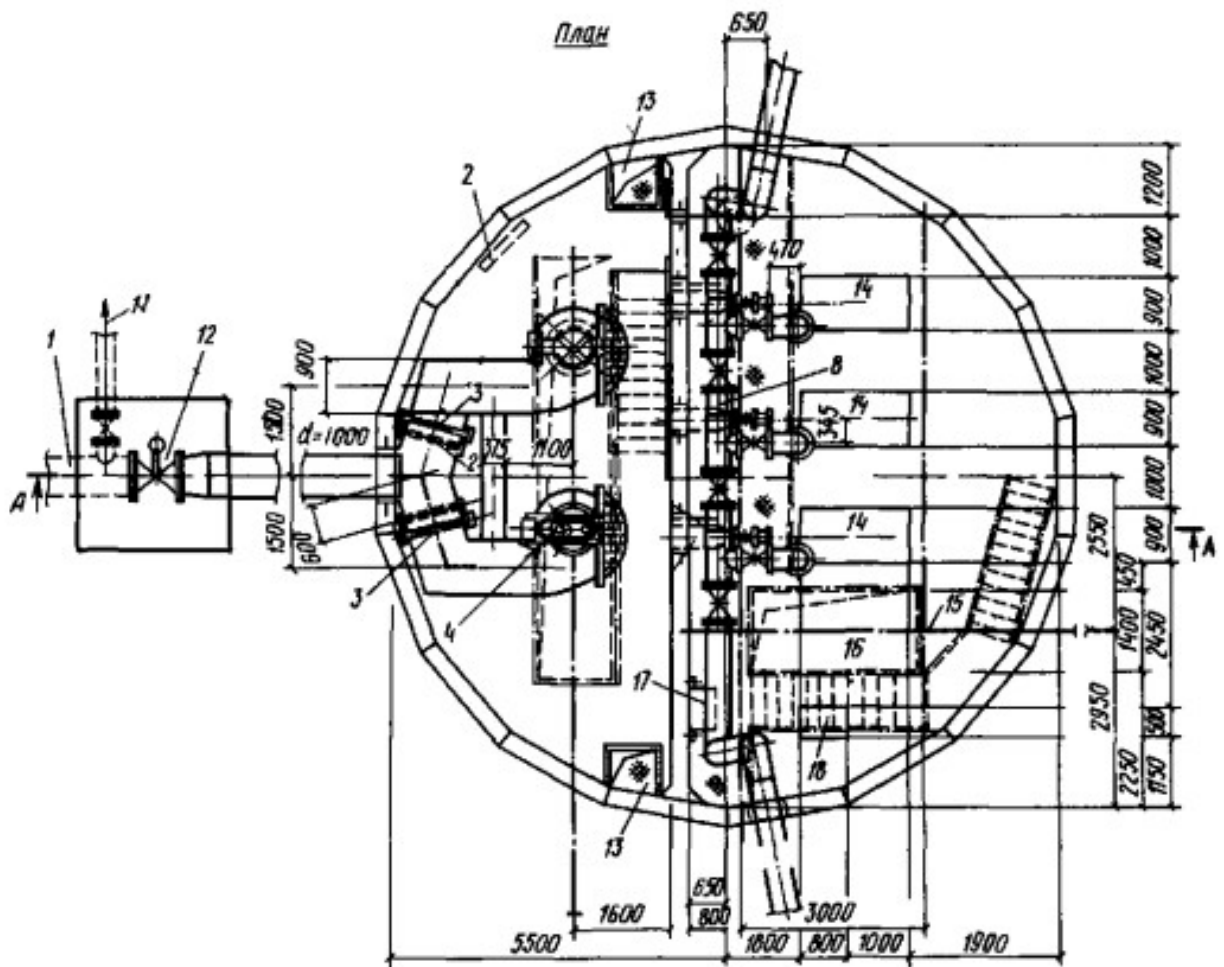


Рис.11.8б. Приклад розміщення обладнання і трубопроводів в типовій каналізаційній насосній станції на три насосних агрегати (ПЛАН).

#### 4. Насосна станція з зануреними насосами.

Для перекачування господарсько-побутових і близьких до них виробничих стічних вод при глибині підвідного колектора 3 – 7 м, витраті стічних вод 110 - 480 м<sup>3</sup>/добу і напором 10 – 40 м застосовуються заглиблені каналізаційні насосні станції із зануреними насосами. Типовий проект такої насосної станції приведено на рис.11.9.

Станція такого типу запроектована без наземної частини, підземна частина – круглий залізобетонний стакан діаметром 2 м. Глибина приймального резервуару прийнята 1,5 м. Приймальний резервуар насосної станції виконано з монолітного залізобетону, верхня частина стакану – із збірних залізобетонних кілець. Всі монолітні і збірні залізобетонні елементи виконуються з водонепроникного, морозостійкого бетону. Внутрішні поверхні стін і днища приймального резервуару штукатуряться цементним розчином.



## ТЕМА 12.

### СПЕЦІАЛЬНІ ТИПИ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

#### 1. Каналізаційні насосні станції для перекачки атмосферних вод

Атмосферні води по водостічній мережі поступають у водойму, як правило, самоплином. Разом з тим, в залежності від місцевих умов, виникає потреба перекачувати атмосферні води.

При перекачуванні атмосферних вод велике значення має правильне визначення їх розрахункової витрати. При проектуванні насосної станції для перекачування атмосферних вод має правильне аргументоване визначення об'єму приймального резервуару або регулюючого ставка-накопичувача. По можливості в якості регулюючого ставка-накопичувача треба намагатись використовувати природні ставки, які не є джерелами водопостачання і не використовуються для масового купання населення.

У відповідності діючими ДБН регулююча місткість резервуару (ставка), м<sup>3</sup>, розраховується за формулою

$$W = kQ_p t_p,$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить від значення  $(a)$  (відношення витрати, яка пропускається без скиду в ставка, до розрахункової витрати,  $a = Q_{\text{кол}}/Q_p$ ), яка приймається за ДБН;

$Q_p$  – розрахункова витрата атмосферних вод в точці приєднання збірного колектора до резервуару, яка визначається за даними гідравлічного розрахунку дощової каналізаційної мережі, м<sup>3</sup>/с;

$t_p$  – розрахунковий час стоку атмосферних вод з всього басейну до місця приєднання до резервуару, який визначається за даними гідравлічного розрахунку мережі, с.

Повний об'єм води, який поступив за час дощу на насосну станцію визначається за формулою

$$Q_{\text{полн.прит.}} = \frac{2 \cdot t_{\text{кр}} \cdot 60 \cdot Q_p}{2 \cdot 1000},$$

де  $Q_p = q_p F$  – виражається в л/с;

$t_p$  – виражено в хвилинах;

$q_p$  – середня інтенсивність дощу, л/(с·га);

$F$  – площа території басейну каналізування, га;

$t_{\text{кр}}$  – критичний час, час при якому витрата атмосферних вод буде максимальною.

Об'єм резервуару (м<sup>3</sup>), який повинен бути в момент притоку атмосферних вод при роботі насосів, визначається за залежністю

$$W = \frac{t_{кр} \cdot (Q_P - Q_{H.C.})}{Q_P},$$

де  $Q_{H.C.}$  – витрата насосної станції.

Якщо тривалість дощу  $t$  більше, ніж  $t_{кр}$ , то для визначення об'єму треба замість  $t_{кр}$  слід підставляти значення  $t$ .

Об'єм регулюючого приймального ставка розраховується за формулою

$$W = 0,06 \cdot Q_P \cdot t_{кр} \left( 1 - \frac{Q_{HAC}}{Q_P} \right) \left( \frac{t}{t_{кр}} - \frac{Q_{HAC}}{Q} \right).$$

До будівель насосних станцій, які перекачують атмосферні води, пред'являються ті ж самі вимоги, що і звичайних каналізаційних станцій.

Приклад насосної станції для перекачки атмосферних вод приведено на рис.12.1.

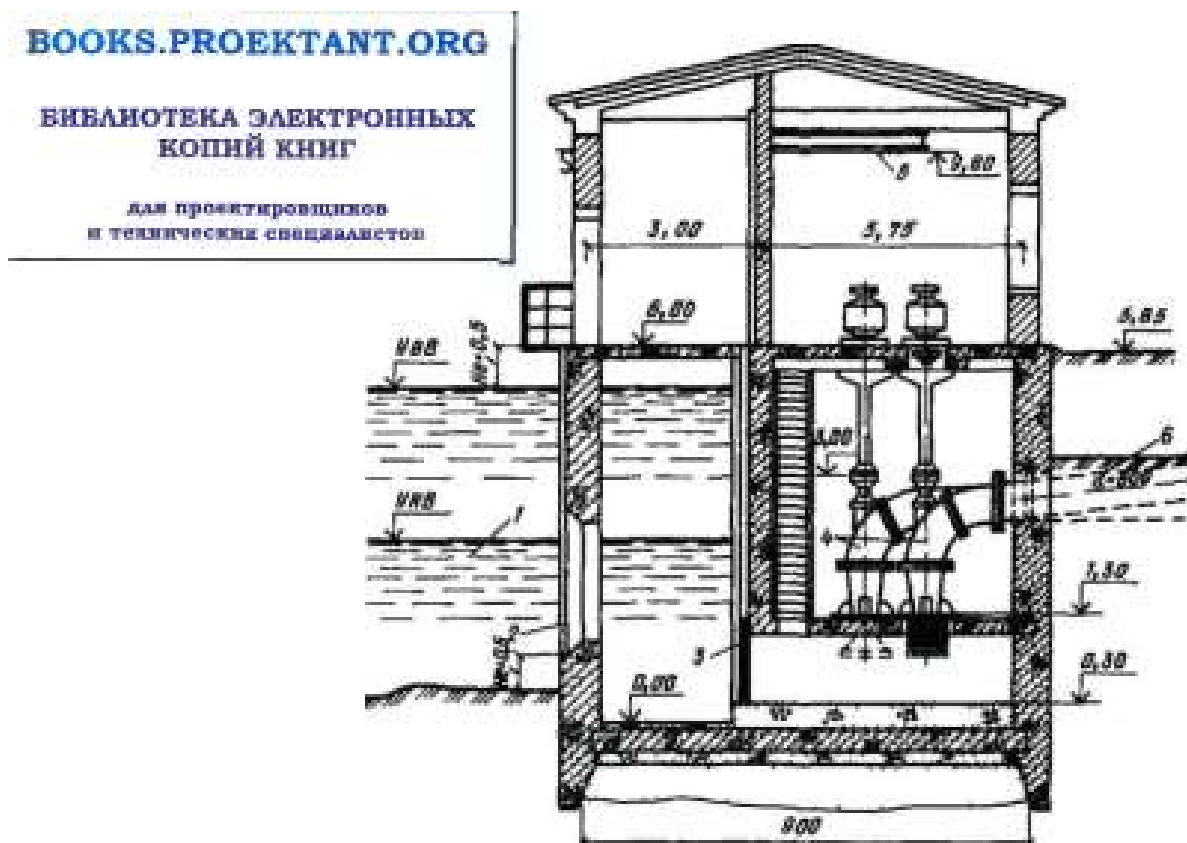


Рис. 1124. Насосная станция для перекачивания атмосферных вод

1—пруд-накопитель, 2—решетка, 3—щитовой затвор, 4—осевой насос; 5—кран балка, 6—напорный трубопровод

высотного расположения станция для перекачки осадка из первичной может быть объединена

Рис.12.1. Насосна станція для перекачки атмосферних вод

Так як регулюючим приймальним резервуаром є ставок або інший резервуар, то в приміщенні насосної станції передбачається влаштування тільки машинного залу і аванкамери для розміщення всмоктувальних воронок насосів. Для захисту насосних агрегатів від крупних забруднень, які поступають в дощову каналізаційну мережу, рекомендується на вхідних вікнах аванкамери встановлювати решітки з прозорами 50 мм, які застосовують для перекриття вхідних вікон водоприймального колодязя.

Враховуючи те, що насосні станції, які перекачують атмосферні води, працюють короткий час на протязі року, їх належить, як правило проектувати автоматизованими з телеуправлінням з диспетчерського пункту каналізаційної ділянки.

При виборі насосного обладнання треба намагатись встановлювати мінімальну кількість робочих насосів. Звичайно, приток атмосферних вод до насосної станції досить великий, а напір незначний. Тому на таких насосних станціях звичайно встановлюють осьові насоси або великі водопровідні насоси типу Д. Причому насоси треба встановлювати тільки під залив.

## 2. Насосні станції для перекачки осаду.

Особливістю схеми насосних станцій для перекачування осадів і мулів є відсутність приміщень решіток, виробничих і побутових приміщень (за виключенням санвузлів). Ці приміщення об'єднуються для всієї очисної станції в цілому.

Основні схеми насосних станцій для перекачування мулів і осадів приведені на рис.12.2.

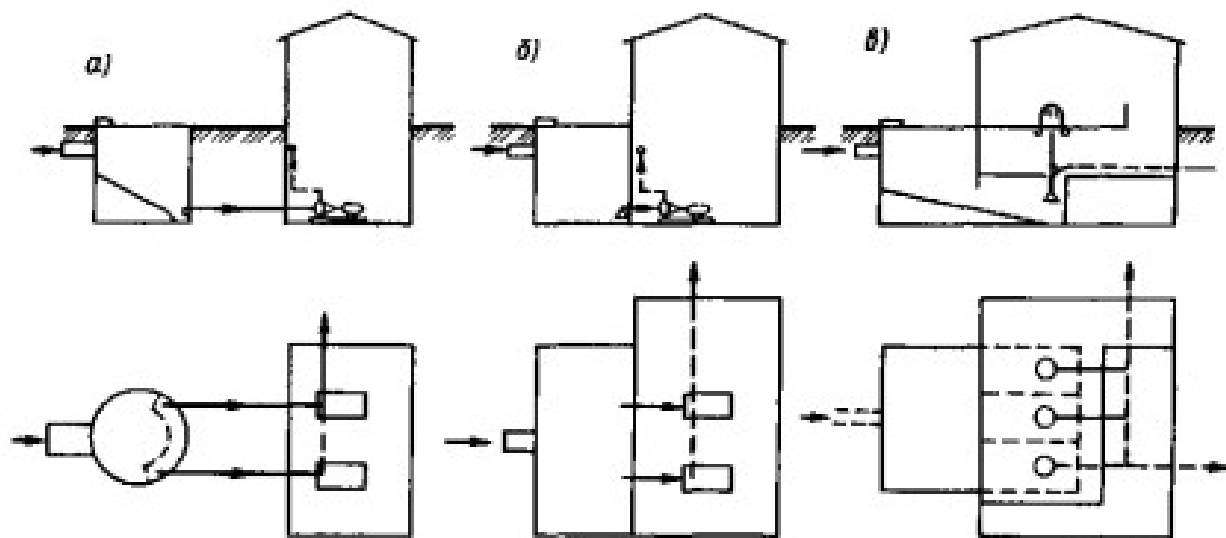


Рис.12.2.

Оскільки на таких станціях решітки відсутні, приймальні резервуари в них можуть будувати закритого підземного типу і які розміщені окремо від насосної станції (рис.12.2а). А також сумісного типу (рис.12.2б)(сумісні з будівлею насосної станції).

На всіх станціях для перекачки осаду і мулу насоси належить встановлювати під залив. Окрім того, необхідно передбачити подачу чистої води (очищеної стічної води) для періодичної промивки резервуару, насосної установки і трубопроводів.

На насосних станціях перекачування активного мулу рекомендується встановлювати осьові насоси (рис.12.2в), так як висота підйому мулу звичайно приймається 6 – 8 м, а кількість мулу досягає 50% об'єму стічної рідини.

Оскільки такі станції працюють з підпором, їх треба будувати заглибленими. При будівництві таких насосних станцій особливу увагу належить приділяти улаштуванню гідроізоляції підземної частини, яка повинна бути водонепроникною. Стіни будівлі насосної станції повинні бути покриті гідроізоляцією не менше ніж на 0,5 м вище рівня ґрунтових вод.

На очисних спорудах насосні установки для перекачування свіжого осаду з первинних відстійників в споруди обробки осаду влаштовують як у вигляді окремих насосних станцій, так і в загальному технологічному цеху або в спеціальній камері управління первинними відстійниками. Будівля насосної станції в цьому випадку складається з двох відділень – резервуара і машинного залу.

Об'єм осаду на очисних спорудах визначають розрахунком. Для попередніх розрахунків можна приблизно приймати:

- об'єм осаду в первинних відстійниках – за ефектом освітлення стічної рідини (30 – 60%) і нормі сухого залишку на одного жителя за добу (65 г/особу за добу);

- вологість осаду 94 – 96% (в середньому вологість осаду після первинних відстійників можна приймати 95%);

- об'єм надлишкового активного мулу – в залежності від ступені очистки стічної рідини і його вологості; вологість надлишкового активного мулу, який випіскається з вторинних відстійників, складає 99,2 – 99,5%, а на споруди обробки осаду він повинен бути поданий з вологістю не більше 95% (для зменшення вологості мул ущільнюють на мулозгущувачах).

На очисних станціях стічних вод пропускною спроможністю до 50000

м<sup>3</sup>/добу, рекомендується випускати осад з первинних відстійників один раз за зміну, по чергово з кожного відстійника.

Об'єм приймального резервуару насосної станції, яка перекачує сирий осад з первинних відстійників, слід приймати рівному одному об'єму осаду при випуску з одного відстійника. Мінімальний об'єм приймального резервуару приймають рівною 15 хвилинній безперебійній роботі найбільшого насоса, який встановлений на насосній станції.

Дно приймального резервуара влаштовують з похилом до приямка не менше 0,15 – 0,2. Треба передбачити можливість промивки резервуару очищеною стічною рідиною. Муловий резервуар повинен бути обладнаний витяжною вентиляцією з однократним обміном повітря за годину.

Насоси в насосній станції треба підключати так, щоб була можливість послідовної роботи двох із них для промивки резервуару.

При транспортуванні мулу або осаду на великі відстані влаштовують проміжні насосні станції. На них приймальні резервуари можна не влаштовувати.



## ТЕМА 13. **ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА НС**

### **13.1. Складові електричної частини НС**

Насосні станції, як правило, підключаються до лінії електропередач (ЛЕП) з напругою 6,3 – 35 Квт. Станції I категорії надійності підключаються не менше ніж до 2-х ЛЕП. Привідні двигунів основних насосів, в залежності від напруги, приєднуються до ЛЕП через знижувальні трансформації або без них.

Насос не може працювати без привода. Найбільш поширений вид привода – електродвигун. По своєму значенню, обсягу, вартості електрична частина НС не менше гідромеханічної. До електричної частини входять:

- 1) двигуни основних насосів,
- 2) двигуни допоміжних насосів, електроприводи запірної арматури, підйомного обладнання,
- 3) силові трансформатори,
- 4) масляні і магнітні вимикачі,
- 5) роз'єднувачі,
- 6) ізолятори,
- 7) струмоведучі елементи: кабелі, шини,
- 8) вимірювальні трансформатори та інша вимірювальна апаратура,
- 9) запобіжники.

**Силові трансформатори** представляють собою електромагнітний апарат, в якому змінний струм однієї напруги перетворюється на змінний струм другої напруги. Трансформатори, які живлять енергією електродвигуни силових установок, називаються силовими на відміну від трансформаторів струму і напруги, які використовуються для живлення вимірювальних приладів і допоміжних мереж зниженої напруги.

З метою підвищення рівня ізоляції і покращення охолодження силових трансформаторів їх сердечники розміщують в бак з трансформаторним маслом. Це важкі прилади, для переміщення яких встановлюються спеціальні рейки.

В залежності від типу трансформатора, числа фаз і способу охолодження силові трансформатори мають різне маркування: ТМ, ТД, ТЦГ, ОДГ і ін. Перша буква означає число фаз трансформатора: Т – трьохфазний; О – однофазний. Друга буква – спосіб охолодження: М – природне масляне; Д – масляне з обдувом – обдув охолоджувачів вентиляторами; Ц – примусова

циркуляція масла через охолоджувач. Буквою Г позначають грозоупірні трансформатори.

Як правило, з метою зменшення втрат в кабелях до Насосної Станції електрика підводиться з напругою районних мереж 10 Кв. В НС обладнання працює від різної напруги: низької - 0,22 Кв, 0,36(0,4) Кв, високої > 0,4Кв, а також обладнання з напругою зовнішньої електромережі, що не потребує трансформації. За допомогою цих силових трансформаторів здійснюється перетворення напруги з 10 Кв на 0,22 Кв. Відповідно, на насосній може бути улаштовано декілька груп трансформаторів.

Розрахункова потужність трансформаторів, що забезпечують роботу кількох двигунів високої напруги визначається за залежністю

$$S^B_1 = k_{\text{п}} (N_{\text{ном1}}/(\eta_1 \text{Cos}\varphi_1) + N_{\text{ном2}}/(\eta_2 \text{Cos}\varphi_2) + N_{\text{ном3}}/(\eta_3 \text{Cos}\varphi_3) \dots) \text{Кв} \cdot \text{а},$$

де  $k_{\text{п}}$  – коефіцієнт попиту потужності, залежить від числа працюючих електродвигунів: при двох – 1, при трьох – 0,9, при чотирьох – 0,8, при  $\geq 5$  – 0,7;

$N_{\text{ном}}$  – номінальна потужність одного двигуна;

$\eta$  – к.к.д. двигуна;

$\text{Cos}\varphi$  – коефіцієнт потужності електродвигуна.

У першому наближенні можна приймати  $\eta = (0,9 \div 0,93)$ ,  $\text{Cos}\varphi = (0,8 \div 0,92)$ .

Потужність трансформаторів, що забезпечують двигуни низької напруги

$$S^{\text{н}}_{\text{нс}} = S^{\text{н}}_1 + S^{\text{н}}_2 + S^{\text{н}}_3 ,$$

де  $S^{\text{н}}_1$  – потужність трансформаторів для двигунів низької напруги основних насосів ,

$S^{\text{н}}_2$  – потужність основних двигунів низької напруги допоміжного обладнання,

$S^{\text{н}}_3$  – потужність опалювальних і освітлювальних приладів.

Загальна потужність кожної групи трансформаторів повинна бути не менше 2. При виході з ладу одного з трансформаторів допускається тимчасове перевантаження тих, що залишилися на 20÷40%. Трансформатори добираються стандартних потужностей: 25, 40, 100, 160, 250, 400, 630, 750, 1000, 1350, 1800 Кв\*а. Трансформатори потужністю 25÷100 Кв\*а - приймаються навісні, більші – розміщуються в окремих камерах з капітальними стінами стандартних розмірів.

### **Масляні вимикачі і магнітні пускачі.**

Служать для увімкнення і вимкнення приводних двигунів основних насосів потужністю  $\geq 75$  кВт або при напрузі  $\geq 0,4$  кВ встановлюються масляні

вимикачі. При потужностях і напругах нижче вказаних використовують магнітні пускачі.

В масляних вимикачах з'єднання і роз'єднання контактів мережі відбувається в ємностях, заповнених маслом, що запобігає створенню електричної дуги. Привід контактів масляних вимикачів електромагнітний, що дозволяє керувати високовольтним обладнанням з щитової.

Масляні вимикачі розміщуються в приміщеннях **Розподільчих пристроїв (РП)** з капітальними стінами. Доступ в РП мають електрики не нижче п'ятого розряду.

РП високої напруги складаються з окремих шаф, в яких розміщуються: масляні вимикачі, роз'єднувачі, вимірювальні трансформатори струму і напругі, збірні шини і реле захисту (запобіжники).

Прикладом таких шаф є: КРП – комплектні розподільчі пристрої і КСО – камери стаціонарні одностороннього обслуговування.

Розміри КРП: 0,9м – по фронту обслуговування, 1,66м – в глибину, 2,38м – по висоті.

Розміри КСО: 1,3м – по фронту і в глибину, 4,6м – по висоті.

Відстань перед шафами розміщеними в один ряд - не менше 2м, в два ряди – 2,4м. При довжині приміщення РП більше 12м бажано мати двоє дверей в різних кінцях для евакуації і гасіння можливої пожежі.

**Ізолятори.** В установках високої напруги ізолятори служать для електричної ізоляції і підтримання струмопровідних частин різних пристроїв і апаратів.

**Струмопровідні частини (шини).** Необхідною частиною кожної електричної мережі є збірні шини, до яких енергія підводиться від понижуючого силового трансформатора або фідера розподільчої мережі і від яких вона розподіляється між приймачами і контрольно-вимірювальними приладами.

Збірні шини виготовляють з міді, алюмінію або сталі.

**Силові кабелі.** Для з'єднання різних елементів електричного господарства насосної станції використовують силові кабелі.

**Вимірювальні трансформатори.** Вимірювальні трансформатори (струму і напруги) служать для перетворення енергії, яка надходить до вимірювальних приладів (вольтметри, амперметри і ін.), реле і допоміжні мережі.

**Запобіжники.** Для захисту електричного ланцюга від токів надвеликої сили в нього вмикають запобіжники, які при перевищенні допустимої

максимальної величини струму переривають ланцюг. При перевищенні електричного навантаження плавкі вставки запобіжників розплавляються розриваючи ланцюг.

Все електричне обладнання розміщується в щитових.

**Щитова** – приміщення, де розміщується обладнання низької напруги: щит керування, щит сигналізації і щити низької напруги. Через щити низької напруги підключається допоміжне обладнання, освітлення і опалення.

Щитову можна суміщати з диспетчерською. Тоді бажано мати внутрішнє вікно в машинну залу. Площу щитової орієнтовно можна призначати з умови:

для НС-II -  $4 \div 6 \text{ м}^2$  на один насос;

НС-I -  $4 \div 5 \text{ м}^2$ ;

КНС -  $3 \div 4 \text{ м}^2$ .

Розподільчі пристрої високої напруги складаються з окремих шаф, в яких розміщуються: масляні вимикачі, роз'єднувачі, вимірювальні трансформатори струму і напруги, збірні шини і реле захисту (запобіжники).

Прикладом таких шаф є: КРП – комплектні розподільчі пристрої і КСО – камери стаціонарні одностороннього обслуговування.

Розміри КРП: 0,9м – по фронту обслуговування, 1,66м – в глибину, 2,38м – по висоті.

Розміри КСО: 1,3м – по фронту і в глибину, 4,6м – по висоті.

Відстань перед шафами розміщеними в один ряд - не менше 2 м, в два ряди – 2,4 м. При довжині приміщення РП більше 12 м бажано мати двоє дверей в різних кінцях для евакуації і гасіння можливої пожежі.

## 13.2. Схеми електричних з'єднань насосних станцій

З'єднання електричних двигунів і елементів насосної стації з лінією електропередач здійснюється за різними схемами. Конфігурація цих схем залежить від призначення і режиму роботи насосної стації та інших місцевих умов. При розробці схем електричних з'єднань насосних станцій найбільш часто приймають ряд типових рішень (рис.13.1).

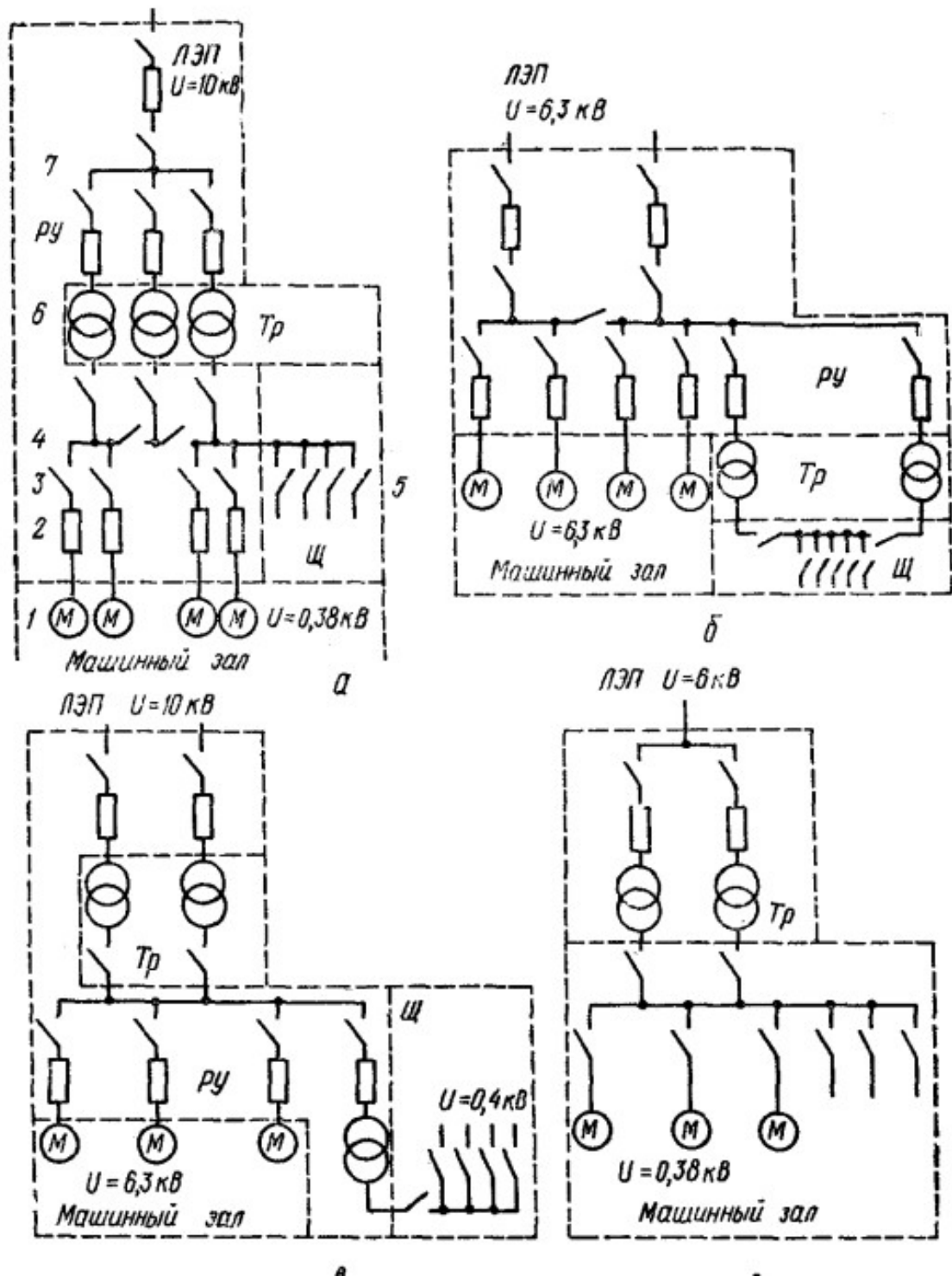


Рис. 13.1. Схеми електричних з'єднань насосних станцій  
 1 – електродвигун; 2 – масляний вимикач; 3 – роз'єднувач; 4 – шини низької напруги; 5 – щит низької напруги; РУ – приміщення розподільчих пристроїв; Тр – камера трансформаторів; Щ – щитове приміщення

## ТЕМА 14.

### **КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА АПАРАТУРА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ**

#### **14.1. Загальна інформація**

Для забезпечення нормальної експлуатації споруд і основного обладнання насосних станцій передбачається встановлення контрольно-вимірювальної апаратури. Склад приладів, їх типи, місця встановлення визначаються в залежності від основного обладнання станції, характеру її роботи і прийнятої системи управління (автоматичне, диспетчерське, місцеве). Число приладів повинно бути мінімальним, але достатнім для управління, контролю і швидкої ліквідації аварій.

Контролю підлягають основні технологічні параметри насосів: подача (витрата), тиск (напір), вакуум у всмоктувальній лінії, рівень води у водозабірній камері (джерелі), перепад рівнів, втрати напору, температура і т.д. В електрифікованих насосних станціях встановлюються, крім того, контрольно-вимірювальна апаратура для визначення напруги, сили струму, кількості електроенергії, частота струму і т.д.

Для визначення подачі води (витрати) насосами на водопровідних станціях застосовують витратоміри двох типів, які базуються на принципі вимірі швидкості або перепаду тисків.

За ДБН В. 2.5-74 на кожному насосному агрегаті передбачається встановлення наступної контрольно-вимірювальної апаратури:

- а) вакуумметр або мановакуумметр на усмоктувальнім патрубку;
- б) манометр на напірному патрубку;
- в) електроапаратура: амперметр, вольтметр, ватметр;
- г) показчик рівня масла в підшипниках з рідинним змащенням;
- д) при централізованій подачі масла манометри тиску на маслопроводах перед підшипниками;
- е) термометри до і після підшипників;
- є) витратоміри на кожному з напірних водоводів НС, для насосів з діаметром напірного патрубку  $>200\text{мм}$  – можливість по агрегатного обліку подачі (від кожного насосу);
- ж) при АСУ - датчики напору в диктуючій точці, рівнів води в приймальних резервуарах КНС і НС-І, РЧВ, у водонапірних баштах.

Згідно з правилами на кожному насосі повинна встановлюватись обов'язкова контрольно-вимірвальна апаратура:

- вакуумметр і мано вакуумметр на всмоктувальному трубопроводі;
- манометр на напірному патрубку;
- амперметр, вольтметр і ватметр;
- показники рівня масла в підшипниках, які мають рідинну змазку;
- манометри, які показують тиск масла перед підшипниками,

термометрів, які показують температуру масла, яке поступає в підшипник і виходить з нього;

- водолічильників (які показують і записують) на кожній напірній лінії насосної станції.

Для водопровідних насосів з діаметром напірного патрубка більше 200 мм повинно бути передбачено окрім загального обліку водо лічильником, облік води на кожному агрегаті.

В машинному залі насосної станції встановлюють також вказівники рівня води врезервуарах, телерівнеміри або сигналізацію і телефонний зв'язок з вказаними спорудами.

## **14.2. Водолічильники**

Їх ще називають швидкісними водолічильниками. Застосовують для вимірювання витрати води в напірних трубопроводах. Випускають двох видів: крильчаті і турбінні. Крильчатка або турбінка всередині водо лічильника приводиться до обертання з частотою, яка залежить від швидкості руху води. Частота обертання вертушки (крильчатки або турбінки) шумується лічильним механізмом. Принципова схема водо лічильника приведена на рис.14.1.

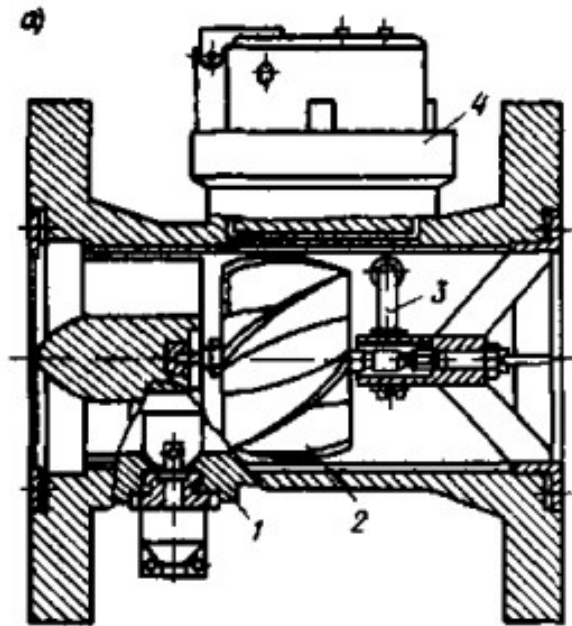


Рис.14.1. Схема водо лічильника (турбінного типу).

1.Корпус. 2.Вертушка. 3.Передавальний механізм. 4.Лічильний механізм.

Для забезпечення необхідної точності вимірювання необхідно, щоб лічильник був встановлений на прямолінійній ділянці трубопроводу довжиною не менше 6 – 8 діаметрів труби до водо лічильника в 3 – 5 діаметрів після нього. Встановлення вимірювальних пристроїв після арматури не допускається.

Крильчаті лічильники випіскають діаметром 15 – 50 мм, турбінні 50 - 200 мм.

Також вимірювання витрати може здійснюватись методом вимірювання змінного перепаду тисків. В цьому випадку це здійснюється встановлення на трубопроводі звужуючого пристрою (діафрагми, сопла Вентурі) (рис.14.2).

В цих пристроях в звуженому перерізі відбувається збільшення швидкості руху, при цьому змінюється перепад тисків між цими перерізами. Цей перепад тисків і вимірюється.



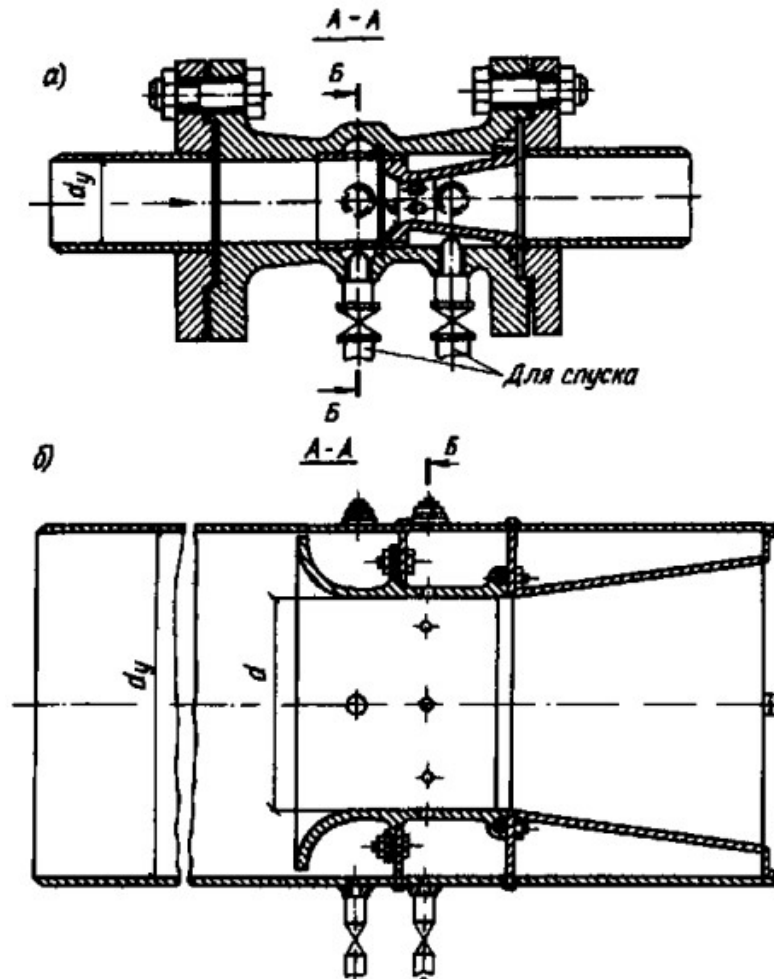


Рис.14.2. Схеми установки сопла Вентурі.

Також для вимірювання витрати можуть застосовуватись різного типу діафрагми (Рис.14.3) і сопла (Рис.14.4).

Втрати напору в соплі Вентурі визначаються за формулою

$$h_{BTP} = 0,22h \left[ 1 - \left( \frac{d}{d_y} \right)^2 \right].$$

Втрати напору у вимірювальній діафрагмі визначається за формулою

$$h_{BTP} = h \left[ 1 - \left( \frac{d}{d_y} \right)^2 \right].$$

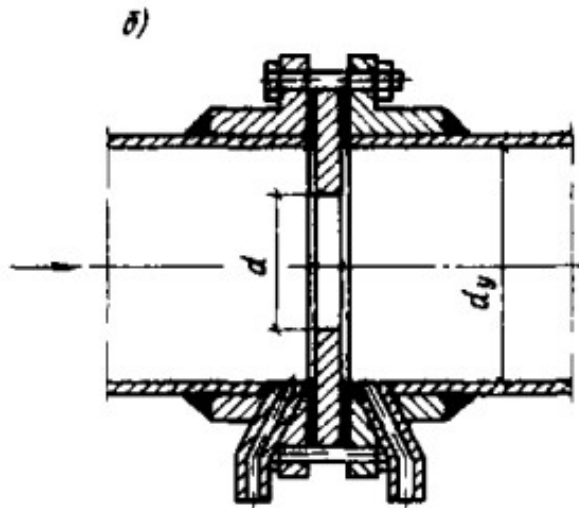


Рис.14.3. Схема встановлення вимірювальної діафрагми .

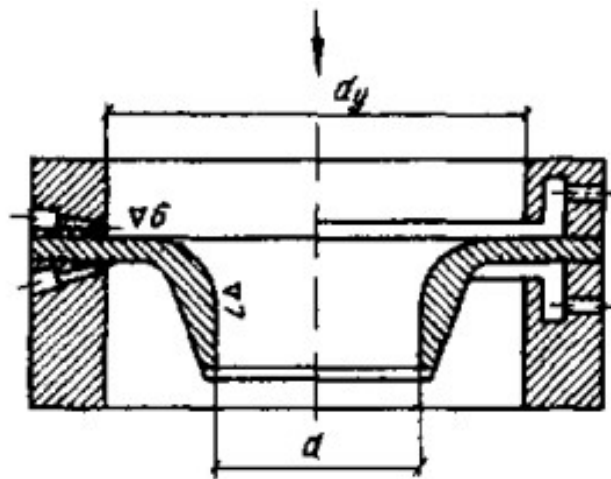


Рис.14.4. Схема встановлення вимірювального сопла.

Втрати напору у вимірювальному соплі визначаються за формулою

$$h_{ВТР} = h \left[ 1 - 1,4 \left( \frac{d}{d_y} \right)^2 \right].$$

В приведених залежностях:  $d$  – діаметр звуження;

$d_y$  – внутрішній діаметр трубопроводу;

$h$  – перепад напору у звужуючому пристрої, який відповідає розрахунковій витраті, м.

Перевагою витратомірів із звужуючими пристроями в порівнянні з турбінними швидкісними водолічильниками є:

- відсутність частин, які рухаються, що дає можливість вимірювати витрату дуже забруднених вод;
- велика пропускна спроможність;
- надійність роботи;
- надійність реєстрації миттєвих витрат.

Звужувальні витратоміри можуть працювати тільки на сформованих потоках. Відстань від місцевої зміни потоку перед витратоміром повинна становити  $(20 \div 40D)$  і не менше  $5D$  після. До механічних витратомірів менші вимоги -  $(6 \div 8D)$  до і  $5D$  після. Тому витратоміри, як правило, встановлюють в окремих камерах за НС. У цих же камерах первинні показання дифманометрів переводяться в електричні і передаються в диспетчерську на щит управління.

### 14.3. Прилади для контролю тиску

До приладів, які призначені для контролю тиску відносяться: **манометри** – призначені вимірювання додатного надлишкового тиску, **вакууметри** – для вимірювання від'ємного надлишкового тиску (розрідження) і **мановакууметри** – для вимірювання як додатного надлишкового тиску, так і розрідження.

Манометри, вакууметри і мановакууметри з трубчатою пружиною розповсюджені в спорудах водопровідних і каналізаційних насосних станцій. Їх дія основана на використанні деформації трубчатої пружини під дією вимірюваного тиску.

На водопровідно-каналізаційних спорудах використовуються прилади класу точності 1,6 (точність вимірювання до 1,6%).

Прилади працюють при температурі навколишнього середовища від  $-50$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості не більше 80%.

**Диференційні манометри** (дифманометри) призначені для вимірювання перепаду тиску. В залежності від вимірюваних величин прилади розділяються на витратоміри, перепадоміри і рівнеміри. На водопровідних і каналізаційних насосних станціях найбільше розповсюдження отримали поплавкові, мембранні і сильфонні дифманометри промислового виготовлення.

Дифманометри нормально працюють при температурі від  $5$  до  $50^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості до 80%. Живлення приладу відбувається від мережі змінного струму напруги  $220\text{ В}$  і частотою  $50\text{ Гц}$ . Клас точності дифманометрів  $1$  і  $1,5$  (точність  $1\%$  і  $1,5\%$ ).

Витратоміри добираються так, щоб гідравлічні втрати не перевищували  $1 \div 2\text{ м}$  для дифманометрів і  $0,5 \div 1,5\text{ м}$  для сопел і труб Вентурі.

## ТЕМА 15.

### **АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ**

В якості імпульсу, керує роботою насосів приймають\*

- а) рівень води в приймальних резервуарах (КНС, НС-I),
- б) рівень води в РЧВ (НС-II підйому),
- в) рівень води у водонапірних баштах,
- г) вільний напір у контрольних точках на мережі.

Контролюються ці неелектричні параметри за допомогою виміральної арматури (датчики, реле).

**Датчиком** називається елемент автоматичного пристрою, який контролює коливання тої чи іншої фізичної величини і перетворює ці коливання в коливання іншої величини, яка зручна для вимірювання.

**Реле** називають пристрої, які складаються з трьох основних органів: сприймаючого, проміжного і виконуючого.

В автоматизованих системах управління насосними агрегатами використовують наступні типи датчиків і реле:

- 1) Датчики рівня – для подачі імпульсів на включення і зупинку насосів при зміні рівнів води в баках і резервуарах;
- 2) датчики тиску, або електроконтактні манометри, - для управління мережами автоматики при зміні тиску в трубопроводах;
- 3) струминні реле – для управління мережами автоматики в залежності від напрямку руху води в контролюємому трубопроводі;
- 4) реле часу – для підрахунку часу, необхідного для протікання певних процесів при роботі агрегатів;
- 5) термічне реле – для підрахунку часу, необхідного для протікання певних процесів при роботі агрегатів;
- 6) вакуум реле – для контролю за температурою підшипників і сальників, а в окремих випадках за проміжком часу;
- 7) проміжне реле – для переключення окремих мереж в насосі або у всмоктувальному трубопроводі;
- 8) реле напруги – для забезпечення роботи агрегатів на певній напрузі;
- 9) аварійне реле – для відключення агрегатів при порушенні встановленого режиму роботи.

Основні процеси, які можуть виконуватися на насосних станціях приладами автоматики:

- 1) приймання і передача управляючого імпульсу на пуск і остановку насосних агрегатів;
- 2) витримка часу як перед пуском після отримання командного імпульсу, так і між окремими процесами;
- 3) включення одного або кількох насосних агрегатів у встановленій послідовності;
- 4) створення і підтримання необхідного вакууму у всмоктувальному трубопроводі і корпусі насосу перед його пуском;
- 5) відкривання і закривання засувки на трубопроводах у задані моменти при пуску і зупинці агрегатів;
- 6) контроль за встановленим режимом роботи при пуску, роботі і зупинці;
- 7) відключення насосу при порушенні встановленого режиму і включення резервного агрегату;
- 8) передача параметру режиму роботи насосу на диспетчерський пункт;
- 9) захист агрегату від електричних, теплових і механічних пошкоджень;
- 10) контроль за опаленням і вентиляцією в приміщеннях насосної станції;
- 11) охорона від проникнення на станцію сторонніх осіб;
- 12) включення і відключення дренажних насосів і насосів, які подають воду на охолодження і ущільнення сальників фекальних насосів;
- 13) включення механізованих грабелів.

Комплексна схема автоматизованого управління насосною станцією звичайно складається з наступних окремих частин:

- схеми автоматизації заливу насосів;
- схеми автоматизації засувки на напірному трубопроводі;
- схеми автоматизації електроприводу насосу;
- схеми взаємозв'язку, який забезпечує послідовність дії системи в цілому, а також захисту агрегату і сигналізацію.

Реле управління насосом працює з витримкою часу 5 секунд.

Для каналізаційних насосних станцій – головна мета автоматичного управління насосними агрегатами - не допустити переповнення приймального резервуару вище заданого рівня.

## ТЕМА 16. **ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ**

### **16.1. Загальні відомості**

**Повітродувна станція** представляє комплекс елементів і устаткування, що забезпечує технологічні процеси систем водопостачання та водовідведення стисненим повітрям (газом).

У системах водопостачання компресорні установки і повітродувні станції забезпечують подачу стисненого повітря для роботи ерліфтів, інших видів піднімальних пристроїв та апаратів.

У реагентному господарстві очисних наук водопроводу для інтенсифікації процесів розчинення коагулянту й розведення його концентрованих розчинів виконують перемішування в розчинних баках стисненим повітрям (барботаж).

У системах водовідведення повітродувні станції забезпечують стисненим повітрям роботу аеротенків, преаераторів, змішувачів, стабілізаторів мулу, реагентного господарства, вакуум-фільтрів й інших споруд.

Особливо широке застосування повітродувки різного типу знайшли у доменному виробництві для подачі повітря у доменну піч.

### **16.2. Короткі історичні відомості**

Перші історичні дані про застосування направленої потоку повітря для інтенсифікації роботи примітивних плавильних споруд відносяться ще до початку бронзового віку.

Повітродувки з використанням міхів для дуття в плавильну піч із застосуванням енергії ручного праці або тваринної енергії суттєво збільшили об'єми плавки металу і якість кінцевого результату.

Приблизно з 13 століття середньовічні металурги для приведення клинчастих міхів в дію почали використовувати енергію водяного колеса. Це стало однією з умов перетворення сиродутного горна на доменну піч. У доменному виробництві протягом століть для подачі дуття у доменну піч використовувалися клинчасті міхи, що працювали від водяних коліс. Міхи виготовлялися з деревини й шкіри. Клинчасті міхи давали не більше 5,7 кубічних метрів повітря на хвилину.

З 16 століття замість клинчастих міхів часто використовувалися дерев'яні ящикові міхи з поршнем.

У другій половині 18 століття з'явилися циліндричні повітродувні машини. Циліндричні міхи склалися з чавунного циліндра і поршня, що щільно прилягав до його стінок. Поршень закріплювався на штоку, що рухався від водяного колеса. Пізніше для цього почали застосовуватися парові машини. Рух від водяного колеса або парової машини до поршня передавався через балансири.

Винайдення й перше застосування циліндричних міхів пов'язане з іменами британських винахідників Ісаака Вілкінсона та Джона Смітона. Міх Вілкінсона було запатентовано 1757 року. Повітродувка Смітона мала три циліндри й так само приводилася в дію за допомогою водяного колеса. Циліндричні міхи вперше були встановлені у Англії у 1760 році. З 1782 року у Великій Британії, а потім почали швидко розповсюджуватися й на континенті Європи. Наступним етапом розвитку даного напрямку було застосування парових повітродувок, що швидко витіснили міхи, хоча міхи забезпечували дешевше дуття. Лише там, де були великі запаси гідравлічної енергії, наприклад, у Швеції, водяні колеса збереглися як двигуни для повітродувних машин до першої половини 20 століття.

Циліндрична балансирна парова повітродувка компанії «Boulton & Watt» була побудована у 1817 році і виставлена у Бірмінгемі, Велика Британія.

Від балансирних повітродувок був здійснений перехід до циліндричних машин з прямою передачею (горизонтальні й вертикальні), що робили 80-100 об/хв.

У 1889 році у Бельгії на заводі у місті Серен з'явилися поршневі газоповітродувки. Вони поступово замінили парові. Це були вже машини внутрішнього згоряння, в яких колошниковий газ доменних печей передавав рух поршню газового циліндра. Такі повітродувки мали високий ККД. Крім того, при їх використанні значно скорочувалася витрата газу порівняно з витратою його під паровими котлами для одержання пари. Газові повітродувні машини, швидко вдосконалюючись, скоро досягли граничної потужності з подачею дуття у кількості приблизно 1800 м<sup>3</sup>/хв. Тому у першій половині 20 століття, зі збільшенням об'ємів доменних печей, вони використовувалися лише на печах відносно малого об'єму з потужністю не більше 600 т чавуну на добу, а на більших печах використовувалися турбинні повітродувки.

Останні почали застосовуватися з 1905 року, що також називалися вентиляторами високого тиску. Вони мали порівняно з газовими

повітрорудувками низку значних переваг. Були значно дешевшими (при однаковій потужності), компактнішими, надійними в роботі, дешевшими в утримуванні, зручнішими у регулюванні ходу й економічнішими у подачі дуття у різко змінюваній кількості. Давали більшу кількість дуття і там, де довелося би ставити дві газові повітрорудувки, можна було поставити одну турбоповітрорудувку. Перші паротурбоповітрорудувки, що з'явилися там у цей самий час, працювали на парі низьких ( $1,3 \text{ МН/м}^2$ ) і середніх ( $2,9 — 3,5 \text{ МН/м}^2$ ) параметрів.

Перша турбоповітрорудувка французького інженера Рето, встановлена на одному з американських заводів. Філадельфія. 1915.

Турбоповітрорудувки по мірі збільшення своєї потужності робилися все більш економічнішими щодо витрати пари. Вони вдосконалювалися протягом всього 20 століття й використовуються тепер. В середині ХХ століття було досягнуто витрати  $3600 \text{ м}^3/\text{хв}$  й більше під тиском 80-200 см рт. ст. (до 2,6 ат).

З 1943 року у низці європейських країн, а потім у США було введено у експлуатацію газотурбоповітрорудувки.

### **16.3. Класифікація повітрорудувних машин**

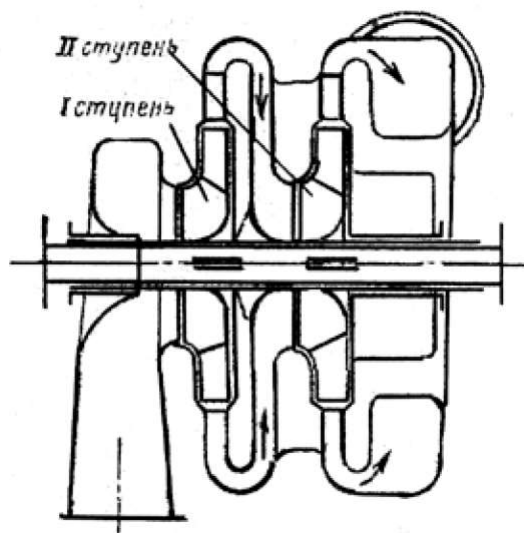
**За способом створення напору** повітрорудувні машини (компресори) розрізняють:

- за допомогою вентиляторів – гідромашин, що переміщують газ з напором до 1,5 м вод. ст. ( $1500 \text{ мм вод. ст.}$ );
- за допомогою турбокомпресорів – гідромашин, що подають газ з напором до 0,3 МПа та працюють без штучного охолодження; як повітрорудувки використовують ротаційні нагнітачі, що розвивають тиск до 0,3 МПа ( $3 \text{ кг/см}^2$ );
- за допомогою турбокомпресорів – гідромашин, що подають газ під тиском більше 0,3 МПа та працюють зі штучним охолодженням.

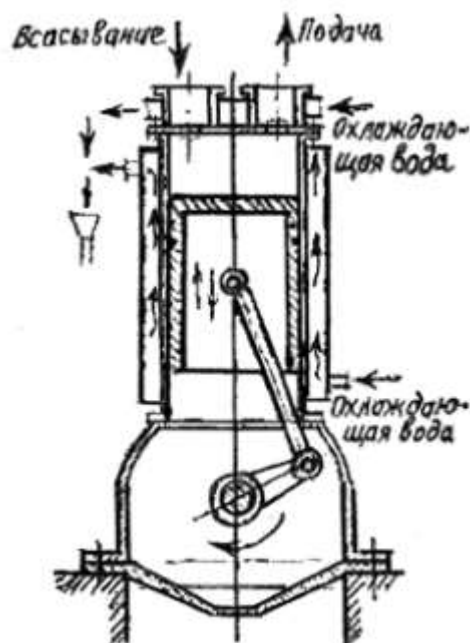
**За принципом дії та технічними особливостями** всі моделі повітрорудувок можна поділити на три групи:

1. *Лопатеві повітрорудувки*, основною деталлю яких є лопать, що закріплена на втулці під визначеним кутом. Починаючи рухатись, вона переміщує повітряні маси або інше середовище, скеровуючи його за віссю пристрою. Застосовують лопатеві повітрорудувки у тому разі, якщо необхідно подати великий об'єм повітря під великим тиском. Моделі лопатевих повітрорудувок поділяють на відцентрові та осьові.



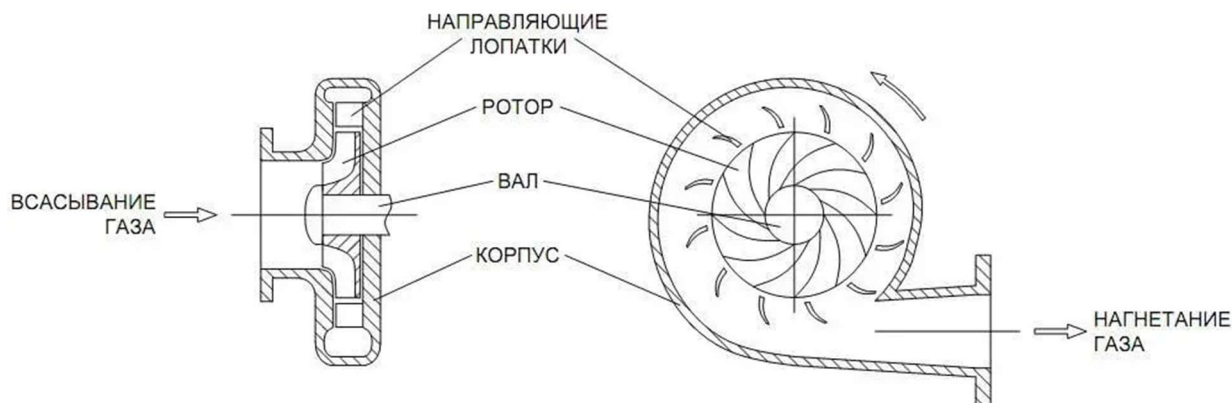


2. Для поршневих повітродувок основним елементом конструкції є поршень. Здійснюючи зворотно-поступальний рух, він всмоктує об'єми повітря і подає їх у потрібному напрямку під великим тиском. Поршневі моделі повітродувок повністю автоматизовані.



3. Об'ємні або роторні повітродувки – окрема група, до якої належать моделі шестеренних, пластинчатих та зубчатих повітродувок. Головною ознакою таких пристроїв є наявність ротора, розміщеного всередині корпусу. Об'ємні повітродувки відносять до компресорів.

Класифікація повітродувних машин за конструктивними особливостями і принципом дії приведена на рис. 1.1.



#### 16.4. Класифікація повітродувних станцій

До складу великих повітродувних станцій входять:

- головна будівля станції з основним і допоміжним устаткуванням;
- споруди для охолодження води (градирні, басейни).

Повітродувні станції характеризують за наступними основними ознаками:

- за створюваним тиском стисненого повітря: високого і низького тиску;
- за типом основного устаткування: з об'ємними гідромашинами (компресорами) і з відцентровими повітродувками;
- за кількістю ступенів компресорів: з одноступеневими і багатоступеневими повітродувками (компресорами);
- за видом охолодження компресорів: з нагнітачами з штучним охолодженням і без нього;
- за типом привідних двигунів: з електродвигунами і двигунами інших типів.

*Компресором* називають гідравлічну машину, що перетворює енергію двигуна в енергію стиснення та переміщення газу.

*Компресорним агрегатом* називається компресор об'єднаний з привідним двигуном. Як привідні двигуни застосовують електродвигуни, двигуни внутрішнього згорання тощо.

Вибір типу повітродувної станції, типу і кількості необхідного обладнання для конкретного виробництва здійснюється за значенням розрахункових параметрів станції: кількістю (витратою) стисненого повітря (газу), яке споживає система і необхідним тиском нагнітання.

Розрахункова максимальна об'ємна продуктивність станції:

$$Q_{\text{макс}} = 1,3Q_{\text{сер}}, \quad (1.1)$$

де  $Q_{\text{сер}}$  – середня витрата стисненого повітря.

Середня витрата стисненого повітря  $Q_{\text{сер}}$  залежить від:

- кількості споживачів;
- середньої потреби споживачів щодо повітря;
- коефіцієнтів одночасності роботи.

Разом з типом і кількістю основного робочого обладнання також встановлюється необхідний резерв.

Потужність повітродувної станції  $N$ , кВт, визначається за формулою

$$N_{n.ст} = \frac{0,0273 \cdot Q \cdot p \cdot n}{\eta_a}, \quad (1.2)$$

де  $Q$  - подача однієї повітродувної машини, м<sup>3</sup>/год;

$p$  – тиск стисненого повітря, атм;

$n$  – кількість повітродувних машин;

$\eta_a$  - коефіцієнт корисної дії агрегату, %.

Повітродувні станції можуть поєднуватися в один блок з насосними станціями. Робота повітродувних станцій забезпечується роботою компресорних установок, у складі яких основними елементами є повітродувні машини (компресори).

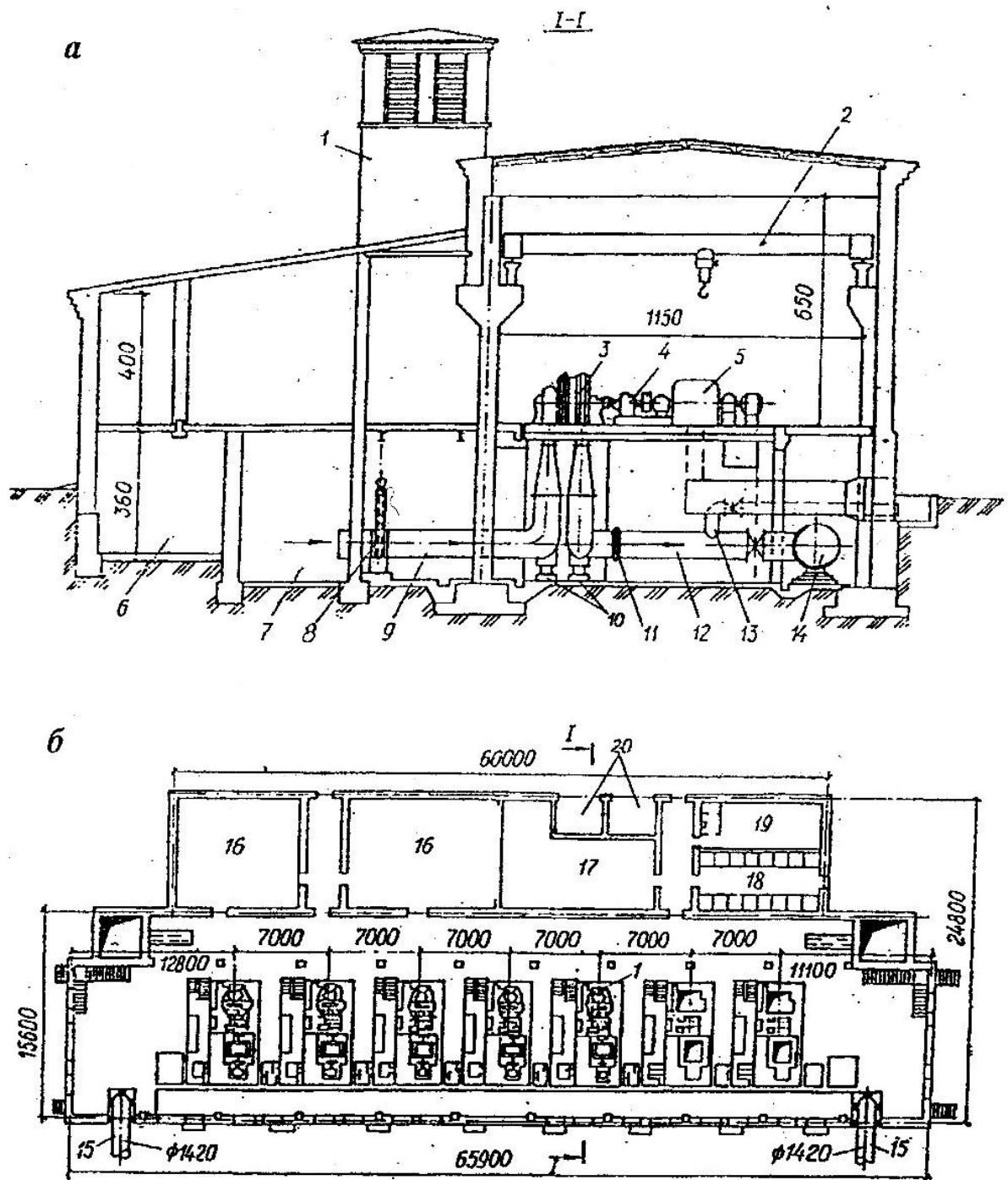
## 16.5. Обладнання повітродувних станцій

### Загальні положення

Як показано вище *повітродувна станція* представляє достатньо складний комплекс компресорних агрегатів і допоміжного обладнання, призначеного для забезпечення централізованого постачання стисненим повітрям спеціальних промислових об'єктів.

До складу обладнання станції входять:

- основне устаткування (компресори – двигуни);
- допоміжне та механічне устаткування (фільтри, повітрозбірники, система охолодження, система постачання масла тощо);
- система повітропроводів.



с. 3.6. Воздуходувная станция, оборудованная нагнетателями марки 750-23-4с:  
 — разрез; б — план на отметке машинного зала; 1 — воздухозаборная шахта; 2 — кран-ка; 3 — нагнетатель; 4 — редуктор; 5 — электродвигатель; 6 — камера неочищенного воздуха; а; 7 — камера чистого воздуха; 8 — масляный фильтр; 9 — всасывающая труба; 10 — прогаситель; 11 — компенсатор; 12 — нагнетательный трубопровод; 13 — трубопровод для броска воздуха в атмосферу; 14 — нагнетательный коллектор; 15 — воздуховод; 16 — служебные помещения; 17 — статические батареи; 18 — высоковольтное распределительное устройство; 19 — диспетчерская; 20 — трансформаторные ячейки

## **Особливості термодинамічних характеристик компресорів**

Як показано, об'ємні повітродувні гідроаеродинамічні машини працюють за принципом витиснення середовища, лопатеві – за принципом використання відцентрових сил. Тому можливо обґрунтовано стверджувати, що принцип дії об'ємних і лопатевих компресорів аналогічний принципу роботи відповідних типів насосів. Головна відмінність між ними полягає в тому, що насоси перекачують краплинні рідини (воду), а компресори переміщують повітря і гази (газові рідини), термодинамічні характеристики яких при проходженні теплових процесів суттєво змінюються.

Як відомо, краплинні рідини (вода) відносяться до практично незтискуваних рідин. В протизага цьому, гази (повітря) відносяться до рідин, які суттєво змінюють свої фізичні параметри при зміні тиску і температури.

При русі поршня в циліндрі компресора відбувається зміна тиску газу в ньому. Цей процес відбувається при постійній температурі і відсутності підведення тепла. В термодинаміці дані процеси носять назву:

- ізотермічні (незмінна температура,  $T_1 = T_2 = \text{const}$ );
- адіабатичні (відсутній теплообмін,  $Q = 0$ );
- політропні, узагальнені процеси, для яких перераховані процеси є частковими випадками, тобто відбуваються з підведенням і відведенням тепла.

У разі ізотермічного процесу стиснення тепло від поршня компресора відводиться повністю за допомогою системи охолодження.

При адіабатичному процесі відбувається стиснення газу без охолодження і температура газу підвищується.

При політропному процесі, що має місце в реальних умовах стиснення газу, тепло від компресора відводиться за допомогою циркулюючої холодної води. Втрати потужності за рахунок відведення тепла в даному процесі наближаються до ізотермічного процесу.

## **Допоміжне обладнання для забезпечення роботи компресорів**

Для безперебійної і надійної роботи компресори повинні бути розміщені в просторах сухих приміщеннях. При продуктивності компресорів вище 15 м<sup>3</sup>/хв їх необхідно встановлювати в окремих одноповерхових будівлях. Забір повітря для стиснення зазвичай беруть зовні будинку, з північної сторони.

Неправильне установка, застосування невідповідного обладнання компресорних установок і незадовільна їх експлуатація можуть привести до аварійних ситуацій і навіть вибухів. Тому цьому питанню при проектуванні

даних пристроїв при слід приділяти особливу увагу. Схема установки компресорної установки приведена на рис. 2.1.

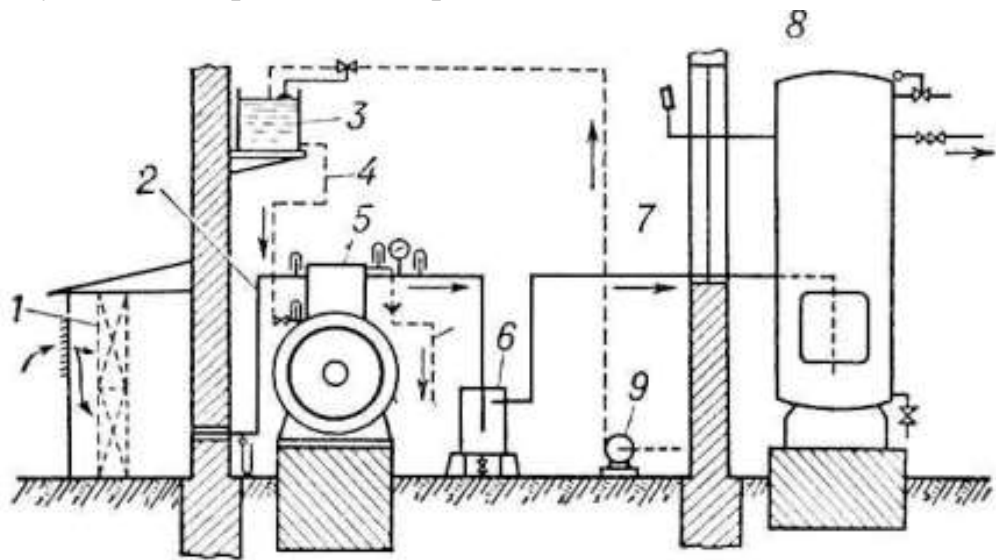


Рисунок 4.2. – Схема компресорної установки:

- 1 – повітряний фільтр;
- 2 – усмоктуючий 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

Рис. 2.1. Схема компресорної установки:

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

Особливу увагу при експлуатації компресорів слід приділяти влаштуванню системи охолодження установок. На практиці застосовуються методи повітряного і водяного охолодження.

Повітряне охолодження застосовується в тому разі, коли тиск стисненого повітря не перевищує  $2 \text{ кгс/см}^2$ ; водяне – за більш високих тисків стиснення. При водяному охолодженні температура води, що виходить з компресора, повинна бути не більше ніж  $25\text{-}30 \text{ }^\circ\text{C}$  вище температури води, що надходить у компресор. Водяне охолодження під час безперервної циркуляції

в кожухах компресорної установки дозволяє доведення стиснення повітря до  $7 \text{ кгс/см}^2$  без підвищення температури повітря.

Кожен компресор має ресивер (сталевий резервуар-повітрозбірник), що встановлюється на виході з повітродувки. Ємність резервуара  $W_{\text{рез}}$ ,  $\text{м}^3$ , визначається за емпіричними формулами, залежно від продуктивності компресора,  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{хв}$ .

Повітрозбірник (ресивер) здійснює регулюючі функції, згладжує короткочасне розходження між подачею компресора й витратами повітря в системі. Ресивер під час зростання тиску в системі приймає надлишок газу, а під час зниження – віддає в мережу. Об'єм ресивера залежить від ступеня нерівномірності подачі стисненого повітря й ступеня стиснення.

Розрахунок повітропроводів (газопроводів) складається з підбору діаметрів труб і визначення втрат напору. Швидкість руху повітря в головному й розподільчих повітропроводах приймають в межах  $V = 10 - 15 \text{ м/с}$ , у повітропроводах малих діаметрів  $V = 4 - 5 \text{ м/с}$ , Розрахунок діаметрів, втрат напору виконують за формулами гідравліки.

Для спускання вологи й масла вниз резервуару розташований спускний кран. Для надійної сепарації масла до ресивера можуть бути встановлені водо- і масловідокремлювачі.

На нагнітальній трубі до ресивера встановлюється тільки зворотній клапан, що не допускає зворотного руху газу під час зупинки компресора. На виході магістрального повітропроводу з ресивера встановлюють засувку.

Повітря підводиться до компресора всмоктувальною трубкою через жалюзі й газовий (масляний) фільтр, вони забезпечують забір чистого повітря. Всмоктувальна трубка не повинна нагріватися, тому що підвищення температури всмоктувального повітря знижує продуктивність компресора.

Для підвищення надійності подачі холодної води на станції може бути встановлений резервний бак.

## ТЕМА 17.

# ФУНКЦІОНУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

### 17.1. Основні виклики

Насосні станції відіграють важливу роль у забезпеченні надійного функціонування систем водопостачання та водовідведення. Однак у надзвичайних ситуаціях можуть виникати різні виклики, які можуть впливати на їхнє ефективне функціонування. Основні виклики для насосних станцій у надзвичайних ситуаціях включають:

**1. Пожежі та пожежна безпека:**

- Ризик пошкодження обладнання через високі температури.
- Пожежі в електрощитових та електропостачанні.

**2. Повені та природні катастрофи:**

- Затоплення насосних станцій та можливе пошкодження електрообладнання.
- Обмежена можливість доступу до насосних станцій через затоплені дороги.

**3. Енергетичні виклики:**

- Відключення електропостачання, що може впливати на роботу електронасосів.
- Потреба в додаткових джерелах енергії або автономних системах живлення.

**4. Технічні несправності:**

- Можливість поломок та витоків насосного обладнання.
- Проблеми з автоматикою та системами контролю.

**5. Системні неполадки:**

- Відмова великої кількості насосів, що може призвести до нестабільності системи.
- Проблеми з комунікацією та віддаленим керуванням.

**6. Безпека персоналу:**

- Небезпека для персоналу під час надзвичайних ситуацій.
- Потреба в евакуаційних планах та заходах безпеки.

**7. Відновлення після надзвичайних ситуацій:**

- Потреба в швидкому відновленні робочого стану після катастрофічних подій.



- Планування та реалізація заходів для запобігання майбутнім проблемам.

#### **8. Відсутність резервних систем:**

- Недостатня кількість резервних насосів та обладнання для забезпечення неперервності роботи.

Для ефективного управління цими викликами важливо розробляти та впроваджувати плани надзвичайних ситуацій, проводити регулярні перевірки та технічні обслуговування, а також використовувати сучасні технології для моніторингу та управління системою.

**В умовах військового стану** насосні станції можуть стикатися з рядом унікальних викликів та загроз. Основні проблеми, які можуть виникнути для їх функціонування в таких умовах, включають:

##### **1. Безпека та захист:**

- Ризик можливого пошкодження чи знищення інфраструктури насосних станцій у результаті військових операцій.
- Необхідність забезпечення безпеки персоналу та обладнання в умовах загрози.

##### **2. Постачання енергії:**

- Зруйнування енергетичної інфраструктури, що може призвести до відключення насосів від електромережі.
- Необхідність використання альтернативних джерел енергії або генераторів.

##### **3. Робота в автономному режимі:**

- Потреба в резервних системах живлення та автономних управлінських рішеннях для забезпечення неперервності роботи насосних станцій.

##### **4. Забезпечення водо- та пально-матеріального запасу:**

- Потреба в зберіганні достатніх запасів води та пального для забезпечення роботи насосів та інфраструктури.

##### **5. Контроль та моніторинг:**

- Забезпечення ефективної системи моніторингу та контролю, яка може працювати в умовах військових обмежень.

##### **6. Інженерні рішення в екстремальних умовах:**

- Розробка та використання інженерних рішень для відновлення роботи насосних станцій в умовах зруйнування.

##### **7. Захист від кіберзагроз:**

- Захист від можливих кібератак, які можуть спрямовуватися на системи управління насосними станціями.

#### **8. *Мобільність та гнучкість:***

- Здатність швидко переміщати та переконфігурувати насосні станції в умовах військових дій та пересування військових підрозділів.

#### **9. *Евакуаційні плани та укриття:***

- Розробка планів евакуації для персоналу та обладнання та забезпечення укриттями в разі загрози безпеці.

Узагальнюючи, в умовах військового стану необхідно розглядати безпеку, резервування енергопостачання, мобільність та ефективність систем контролю як основні виклики для функціонування насосних станцій.

### **17.2. Невідкладні заходи для стабілізації роботи насосних станцій**

Невідкладні заходи для стабілізації роботи насосних станцій у надзвичайних ситуаціях та військових діях мають на меті забезпечити безперебійне функціонування систем водопостачання та водовідведення навіть у важких обставинах. Основні заходи включають:

#### **1. *Безпека персоналу:***

- Забезпечення безпеки персоналу за допомогою евакуаційних планів, робочого спорядження та навчань з екстрених ситуацій, облаштування укриттів.

#### **2. *Запаси енергії:***

- Використання резервних джерел енергії, таких як дизельні генератори чи сонячні батареї, для забезпечення живлення насосних станцій.

#### **3. *Автономність:***

- Забезпечення можливості автономного функціонування систем управління та контролю насосних станцій.

#### **4. *Швидке відновлення енергопостачання:***

- Спрямування зусиль на швидке відновлення електропостачання та ремонт пошкоджених ліній.

#### **5. *Мобільність обладнання:***

- Використання мобільних насосних агрегатів, які можуть бути швидко перевезені та розгорнуті в інших локаціях.

#### **6. *Відновлення інфраструктури:***

- Організація робіт з відновлення інфраструктури після завершення надзвичайної ситуації або військових дій.

**7. Контроль якості води:**

- Забезпечення контролю якості води у відповідності до стандартів та здійснення необхідних заходів для її забезпечення.

**8. Кібербезпека:**

- Вживання заходів з кібербезпеки для захисту систем управління та контролю від можливих атак.

**9. Забезпечення інформацією:**

- Забезпечення засобів зв'язку та обміну інформацією для ефективного керування ситуацією.

Ці заходи важливо інтегрувати в плани надзвичайних ситуацій та тренування персоналу для ефективного реагування на потенційні загрози у найскладніших умовах.

### **17.3. Довгострокові заходи для забезпечення надійної роботи насосних станцій**

Довгострокові заходи для забезпечення надійної роботи насосних станцій у надзвичайних ситуаціях та військових діях включають широкий спектр підходів для забезпечення стійкості та резервування систем. Основні заходи включають:

**1. Стійка інфраструктура:**

- Розташування насосних станцій у місцях, які менше вразливі до можливих загроз.
- Захист інфраструктури від можливих небезпек (наприклад, захист від обстрілів чи терористичних атак).

**2. Резервування енергопостачання:**

- Встановлення резервних джерел енергії, таких як дизельні генератори або сонячні електростанції.
- Реалізація систем енергозбереження та оптимізації споживання електроенергії.

**3. Регулярне технічне обслуговування:**

- Проведення регулярних перевірок, обслуговування та тестувань насосного обладнання для попередження можливих поломок.

**4. Ефективне планування роботи:**

- Розробка та впровадження планів надзвичайних ситуацій з урахуванням різноманітних загроз та сценаріїв.

**5. Автоматизація та віддалене керування:**

- Використання сучасних систем автоматизації та віддаленого керування для забезпечення ефективного контролю та управління.

**6. Резервування обладнання:**

- Маючи додаткові насоси та обладнання як резерв для можливого використання у разі поломок або відмов основного обладнання.

**7. Інформаційна безпека:**

- Захист системи управління та контролю від кібератак через використання заходів кібербезпеки.

**8. Тренування персоналу:**

- Проведення регулярних тренувань та семінарів для персоналу щодо дій у надзвичайних ситуаціях.

**9. Створення резервних комунікаційних мереж:**

- Встановлення альтернативних систем зв'язку для забезпечення можливості обміну інформацією навіть при відключенні звичайних каналів.

**10. Партнерство та співпраця:**

- Співпраця з місцевими владами, армією та іншими відповідальними організаціями для обміну інформацією та підтримки в надзвичайних ситуаціях.

Ці довгострокові заходи дозволяють створити стійку та надійну інфраструктуру, яка може ефективно функціонувати під час надзвичайних ситуацій та в умовах військових дій.

## ТЕМА 18.

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

**1. Питомі техніко-економічні показники:** к.к.д. насосної станції -  $\eta_{\text{НС}}$  та питома витрата електроенергії –  $a$ .

$$\eta_{\text{НС}} = A_{\text{НС,кор.}} / A_{\text{НС,сп.}}, \quad a = 1 / \eta_{\text{НС}}$$

к.к.д. насосної станції – це відношення енергії в воді на виході з НС до енергії, спожитої приводними двигунами.

Енергію слід визначати за якийсь час (годину, добу, місяць, рік). Більш детально – в *Аналізі добової роботи насосної станції*.

Годинний к.к.д. НС наближено можна визначати як

$$\eta_{\text{НС}} = \eta_{\text{НС}} \eta_{\text{НС}} \eta_{\text{НС}},$$

де  $\eta_{\text{Н}}$  - к.к.д. насоса,

$\eta_{\text{ДВ}}$  - к.к.д. двигуна,

$\eta_{\text{НУ}}$  - к.к.д. насосної установки.

$\eta_{\text{НУ}} = H_{\text{НС}} / H_{\text{Н,факт.}}$ , де  $H_{\text{НС}}$  – потрібний напір насоса,  $H_{\text{Н,факт.}}$  – напір за характеристикою насоса.

**Собівартість  $1\text{ м}^3$  перекачуваної води**

$$C_{\text{П}} = C / W_{\text{річ.}},$$

де  $W_{\text{річ.}}$  – річна подача,  $C$  – річні експлуатаційні витрати.

Вартість перекачки враховує плановий прибуток і буде більше собівартості.

### **2. Техніко-економічне порівняння варіантів**

Техніко-економічні показники використовуються для визначення якості роботи НС і при порівнянні проектних варіантів. Варіанти повинні забезпечувати потрібні параметри НС ( $Q$ ,  $H$ ); санітарно-гігієнічні умови роботи персоналу, термін введення НС в дію.

Оптимальний варіант добирається з урахуванням  $C$  – річних експлуатаційних витрат і  $K$ - капітальних витрат.

$K$  – це сама вартість і вартість будівництва (монтажу) основного і

допоміжного насосного обладнання, труб, фасонних частин і арматури всередині НС, зовнішніх трубопроводів, споруд на території НС і т.п.

**C** – річні експлуатаційні витрати:

- а) вартість електроенергії,
- б) заробітна платня,
- в) поточний ремонт – 2,2% вартості споруд, 3,8% обладнання,
- г) амортизаційні відрахування - 5% вартості споруд, 12% обладнання,
- д) поточні експлуатаційні (змащення,...)
- е) опалення, освітлення, зв'язок...
- є) дрібні і невраховані (3%).

### *Порівняння*

При  $K_1 > K_2$  і  $C_1 > C_2$  приймають дешевший варіант 2.

При  $K_1 > K_2$  і  $C_1 < C_2$ , або  $K_1 < K_2$  і  $C_1 > C_2$  визначають термін окупності:

$$T = (K_1 - K_2) / (C_1 - C_2).$$

Якщо  $T > \tau$  ( $\tau$  – нормативний термін окупності, пов'язаний з депозитною ставкою, приблизно  $7 \div 10$  років), то варіант 1 по капітальним вкладенням не виправдано завищений.

### *Приведені витрати*

При кількості порівнюваних варіантів більше 2, визначають приведені витрати

$$Z = C + K / \tau$$

Перевага надається варіанту з меншим **Z**.

## Рекомендована література

### Базова

1. Шевченко Т.О. Насосні та повітродувні станції: навчальний посібник / Т.О. Шевченко, Ю.В. Ярошенко, М.М. Яковенко, В.М. Беляєва. – Харків: ХНУМГ, 2014. - 191 с.
2. Герасимов Г.Г. Гідравлічні та аеродинамічні машини: підручник / Г.Г. Герасимов. – Рівне: НУВГП, 2008. – 241 с.
3. Ніколова Р.О. Гідравлічні та аеродинамічні машини: навчальний посібник / Р.О. Ніколова. – Одеса: ОДАБА, 2006. – 210 с.
4. Срібнюк С.М. Насоси і насосні установки. Розрахунки, застосування і випробування: навчальний посібник. – Київ : Центр учбової літератури, 2017. – 312 с.

### Допоміжна

1. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди». – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 301 с.
2. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди Основні положення проектування» – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 217 с.
3. Корвер А., Еверс Л., Ф'юстер Е., Галбрейт Д., Генш Р., Матта Д., Петер М. Посібник з технологій водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій. Берлін: Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann, 2021. – 228 с.
4. Jones G.M., Bosserman B.E., Tchobanoglous G. (Eds.). Pumping station design. Gulf Professional Publishing, 2006.
5. Menon E.S. Working Guide to Pump and Pumping Stations: Calculations and Simulations. Gulf Professional Publishing, 2009.
6. Каталоги насосів вітчизняних та іноземних виробників.