

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# **ГІДРАВЛІЧНІ ТА АЕРОДИНАМІЧНІ МАШИНИ. НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ**

Методичні вказівки  
до виконання курсового проекту та контрольної роботи  
для студентів спеціальності  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
освітньої програми «Водопостачання та водовідведення»

Київ 2023

УДК 628

Г46

Укладачі: А.М. Кравчук, д-р техн. наук, професор;  
О.А. Кравчук, канд. техн. наук, доцент

Рецензент О.М. Ліфанов, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.П. Хоружий, д-р техн. наук,  
професор

*Затверджено на засіданні кафедри водопостачання та  
водовідведення, протокол №3 від 26 жовтня 2022 року.*

В авторській редакції.

Г46 **Гідравлічні та аеродинамічні машини. Насосні і повітродувні  
станції: методичні вказівки до виконання курсового проекту  
та контрольної роботи / уклад.: А.М. Кравчук, О.А. Кравчук. – Київ:  
КНУБА, 2023. – 44 с.**

Містять порядок і послідовність виконання контрольної роботи  
з дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» та курсового  
проекту з дисципліни «Насосні і повітродувні станції».

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво  
та цивільна інженерія», які навчаються за освітньою програмою  
«Водопостачання та водовідведення» галузі знань 19 «Архітектура  
та будівництво».

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ «ГІДРАВЛІЧНІ ТА АЕРОДИНАМІЧНІ МАШИНИ».....	5
1.1. Завдання, структура й обсяг контрольної роботи.....	5
1.2. Побудова графіка погодинного водоспоживання і подачі насосної станції .....	5
1.3. Підбір водоводів.....	6
1.4. Розрахунок напору насосів на режим максимального господарсько-питного водоспоживання .....	7
1.5. Розрахунки системи на режим максимального годинного водоспоживання плюс пожежогасіння .....	8
1.6. Підбір основного насосного обладнання.....	10
2. КУРСОВИЙ ПРОЄКТ З ДИСЦИПЛІНИ «НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ».....	12
2.1. Загальні відомості .....	12
2.2. Завдання, структура й обсяг курсового проєкту.....	12
2.3. Визначення діаметрів трубопроводів у насосній станції (використати дані розрахунків з попередньої контрольної роботи).....	13
2.4. Розрахунок характеристик напірних водоводів.....	18
2.5. Графік сумісної роботи насосів і водоводів .....	20
2.6. Підбір електродвигунів .....	21
2.7. Визначення позначки підлоги насосної станції .....	22
2.8. Визначення розмірів фундаменту .....	23
2.9. Підбір додаткового насосного обладнання .....	24
2.10. Електрична частина насосної станції.....	26
2.11. Підбір підйомно-транспортного обладнання.....	29
2.12. Розрахунок об'єму РЧВ.....	35
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	37
ДОДАТКИ.....	38
Додаток 1.....	38
Додаток 2.....	39
Додаток 3.....	40

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

У процесі вивчення дисциплін «Гідравлічні та аеродинамічні машини» та «Насосні і повітродувні станції» студент розглядає питання, що пов'язані з проєктуванням, улаштуванням і експлуатацією насосного обладнання, встановленого в насосних станціях різного призначення.

Матеріали, які викладають у наведених курсах, методично пов'язані між собою. При цьому в першому курсі наводять загальні відомості про конструкцію, робочі характеристики й умови роботи гідравлічних та аеродинамічних машин. Матеріал другого курсу присвячений питанням проєктування насосних і повітродувних станцій в цілому.

# 1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ «ГІДРАВЛІЧНІ ТА АЕРОДИНАМІЧНІ МАШИНИ»

## 1.1. Завдання, структура й обсяг контрольної роботи

Об'єм пояснювальної записки контрольної роботи має складати до 10 с. Контрольна робота має містити такі основні розділи:

- титульний лист;
- побудова графіка погодинного водоспоживання і подачі насосної станції;
- підбір водоводів;
- розрахунок напору насосів на режим максимального господарсько-питного водоспоживання;
- розрахунок системи на режим максимального годинного водоспоживання плюс пожежогасіння;
- підбір основного насосного обладнання.

## 1.2. Побудова графіка погодинного водоспоживання і подачі насосної станції

Таблицю погодинного водоспоживання заповнюють за величиною коефіцієнта годинної нерівномірності  $K_g = Q_{год} \cdot 100 / Q_{max.доб}$ , наведеного в завданні (процентний розподіл добових витрат за годинами залежно від коефіцієнта годинної нерівномірності наведено в дод. 1). За даними отриманої таблиці необхідно побудувати відповідний графік погодинного водоспоживання.

Як відомо, споживання води на господарсько-питні потреби у 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 населеного пункту в робочі і вихідні дні наведено на рис. 1.1.

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

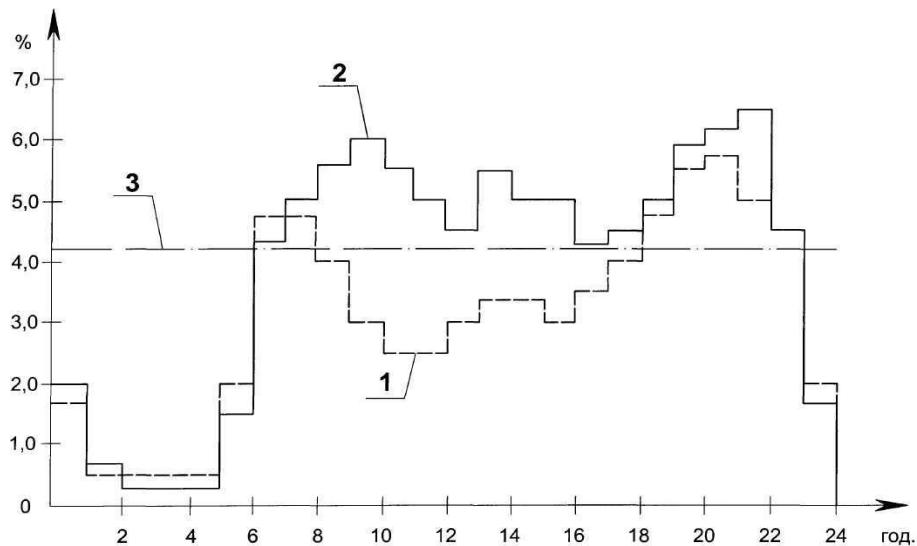


Рис. 1.1. Ступінчатий графік погодинного водопостачання населеного пункту:  
 1 – робочий день; 2 – вихідний день; 3 – середньогодинна витрата

Витрату за годину максимального водоспоживання також визначаємо за даними отриманої таблиці (беремо значення максимальної витрати за годину). Цю величину ( $Q_{max/год} = Q_{н.с}$ , м<sup>3</sup>/год, л/с) приймаємо за базу при подальших розрахунках.

### 1.3. Підбір водоводів

Відстань від насосної станції до споживачів ( $L$ , м) наведено в завданні. Приймаємо, що подача води від насосної станції до споживачів здійснюється водоводами, прокладеними із чавунних напірних труб. Витрата води щодо кожного водоводу становить:

$$Q_{н.в} = Q_{н.с}/n, \quad (1.1)$$

де  $n$  – кількість напірних водоводів (у проєкті взяти  $n = 2$  водоводи).

Гідравлічний розрахунок водоводів здійснюємо з використанням таблиць Шевелева [6]. Діаметр трубопроводу ( $D$ ) і питомі втрати напору ( $1000i$ ) визначаємо за швидкості руху води в трубі в межах 1,0 - 1,5 м/с.

Загальні втрати напору (за довжиною  $i$  в місцевих опорах) розраховуємо за формулою:

$$h_{н.в} = (1,1...1,2) \cdot 1000i \cdot L, \quad (1.2)$$

де  $1000i$  – втрати напору в м на один кілометр труби;  $L$  – довжина водоводів;  $(1,1...1,2)$  – коефіцієнт, який враховує втрати напору в місцевих опорах.

#### **1.4. Розрахунок напору насосів на режим максимального господарсько-питного водоспоживання**

При безбаштовій схемі водопостачання населеного пункту необхідний напір насосів на насосній станції **в першому наближенні** визначають за залежністю:

$$H_{н.с} = H_{geom} + h_{у.в} + h_{н.с} + h_{вдм} + h_{н.в} + h_{мер}, \quad (1.3)$$

де  $H_{geom}$  – геометрична висота подачі води;  $h_{у.в}$  – втрати напору в усмоктувальних трубопроводах, у першому наближенні беремо  $h_{у.в} = 0,5$  м;  $h_{н.с}$  – втрати напору в трубопроводах насосної станції, у першому наближенні беремо  $h_{н.с} = 2,5$  м;  $h_{вдм}$  – втрати напору у водовимірювальному пристрої, у першому наближенні беремо  $h_{вдм} = 1,25$  м;  $h_{н.в}$  – втрати напору у напірних водоводах;  $h_{мер}$  – втрати напору в міській мережі водопостачання за максимальної витрати (згідно із завданням) м.

Розраховуємо геометричну висоту підняття води за залежністю:

$$H_{geom} = Z_{д.м} - Z_{н.с} + H_z, \quad (1.4)$$

де  $Z_{д.м}$  – відмітка землі в диктуючій точці, м;  $Z_{н.с}$  – відмітка землі у насосної станції, м;  $H_z$  – гарантійний напір в точці приєднання до міської водопровідної мережі, м.

Висотну схему подачі води в режимі максимального годинного водопостачання наведено на рис. 1.2.

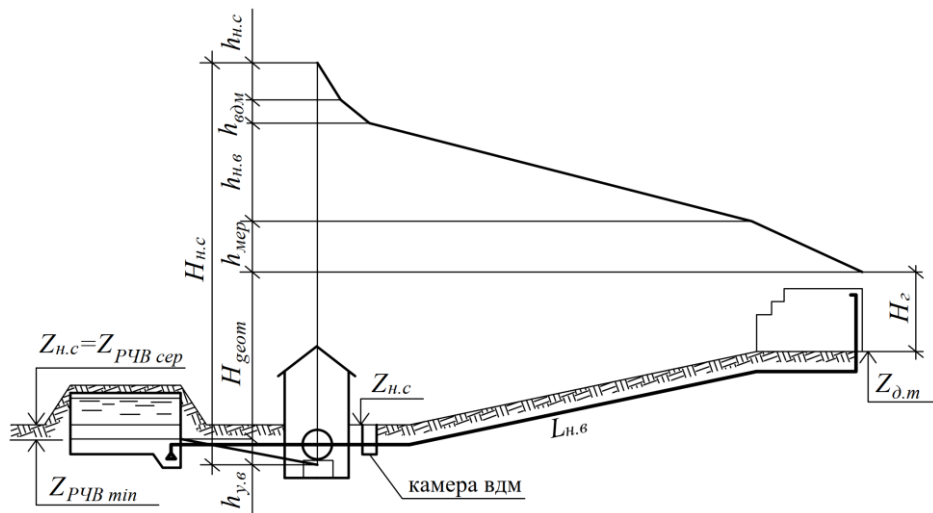


Рис. 1.2. Висотна схема подачі води в режимі максимального годинного водопостачання

### 1.5. Розрахунки системи на режим максимального годинного водоспоживання плюс пожежогасіння

При безбаштовій схемі водопостачання подача насосів у режимі пожежогасіння дорівнює сумі витрат у годину максимального водопостачання плюс витрата на пожежогасіння:

$$Q_{н.с.пож} = Q_{max.год} + q_{пож}, \text{ (м}^3\text{/ГОД, л/с)}, \quad (1.5)$$

де  $q_{пож}$  – витрата води на пожежогасіння (наведено в [1, табл. 3]), л/с.

У разі кількості водоводів  $n = 2$ , витрата кожним водоводом становитиме:

$$Q_{н.в.пож} = Q_{н.с.пож} / 2. \quad (1.6)$$

За таблицями Шевелева [6] за прийнятого раніше діаметру водоводів  $D$ , визначаємо їх характеристики при пропуску витрати при пожежогасінні  $Q_{н.в.пож}$  ( $V_{пож}$ ,  $1000i_{пож}$ ).

Визначаємо необхідний напір насосів при роботі в режимі пожежогасіння, як суму величин:

$$H_{н.с.пож} = H_{геом.пож} + h_{у.в} + h_{н.с} + h_{вдв} + h_{н.в.пож} + h_{мер.пож}, \quad (1.7)$$

де  $h_{\text{мер.пож}}$  – втрати напору в міській мережі водопостачання при пожежогаєнні (згідно із завданням), м.

Геометричну висоту підняття води у разі пожежі розраховуємо за формулою:

$$H_{\text{геом.пож}} = Z_{\text{д.т}} - Z_{\text{рчв}} + H_{\text{г.пож}}, \quad (1.8)$$

де  $Z_{\text{рчв}} = Z_{\text{н.с}} - \Delta h$  – відмітка рівня протипожежного запасу води в РЧВ;  $\Delta h$  – різниця між відміткою землі біля РЧВ і відміткою рівня протипожежного запасу води в них;  $H_{\text{г.пож}} = 10$  м – гарантований напір в точці приєднання до міської мережі під час пожежі.

Визначаємо втрати напору в напірних водоводах при пропуску максимальної годинної витрати плюс пожежа:

$$h_{\text{н.в.пож}} = (1,1 \dots 1,2) \cdot 1000 i_{\text{пож}} \cdot L. \quad (1.9)$$

Висотну схему подачі води в режимі максимального годинного водопостачання плюс пожежогаєння наведено на рис. 1.3.

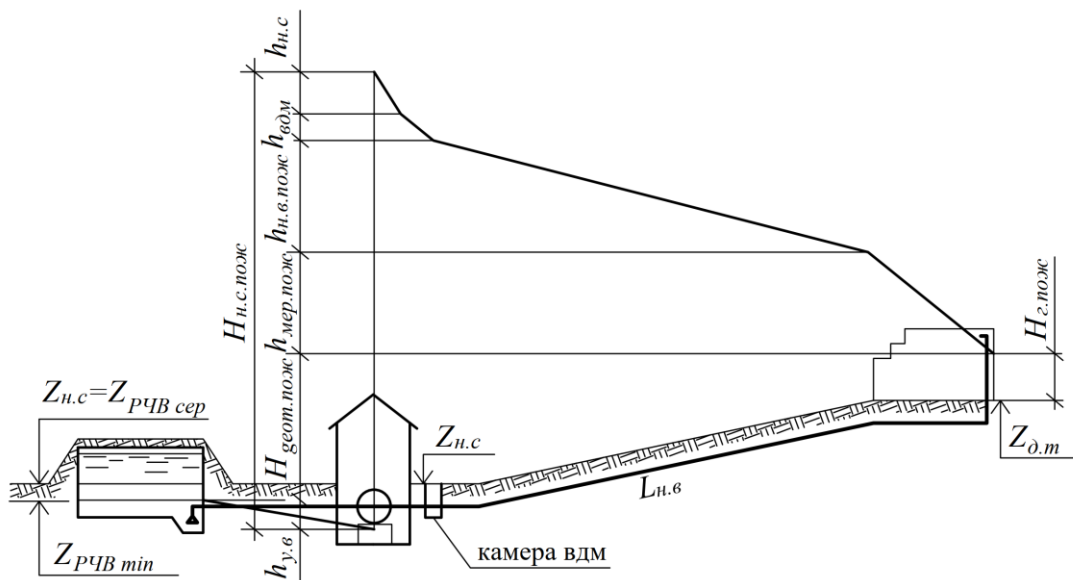


Рис. 1.3. Висотна схема подачі води в режимі максимального годинного водопостачання плюс пожежогаєння

## 1.6. Підбір основного насосного обладнання

Підбір насосів на режим максимального годинного водоспоживання здійснюють за двома основними параметрами:

$$Q_{н.с} = Q_{max.год}, \text{ м}^3/\text{ГОД}; H_{н.с.}, \text{ м.} \quad (1.10)$$

У контрольній роботі потрібно підібрати три варіанти насосів для режиму господарсько-питного водопостачання (наприклад, при 2, 3 і 4 робочих насосах). У такому разі насоси треба підбирати за розрахункових подач:

- при 2 насосах  $Q_n = Q_{н.с}/2, \text{ м}^3/\text{ГОД};$
- при 3 насосах  $Q_n = Q_{н.с}/3, \text{ м}^3/\text{ГОД};$
- при 4 насосах  $Q_n = Q_{н.с}/4, \text{ м}^3/\text{ГОД}.$

Дані підібраних насосів треба занести в табл. 1.1

Таблиця 1.1

Вар.	Марка насоса	К-ть робочих насосів $n_n$	Подача насоса $Q_n, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	Граничний напір насоса $H_{гр}, \text{ м}$	ККД насоса $\eta_n, \%$	Зведений ККД насоса $\eta_{н.пр}, \%$
1						
2						
3						

У таблиці  $\eta_{н.пр}$  – зведений ККД насоса визначають за формулою:

$$\eta_{н.пр} = \eta_n \frac{H_n}{H_{гр}}, \%. \quad (1.11)$$

Після остаточного вибору марки насосів перевагу треба надавати насосам, у яких зведений ККД в робочій точці буде найвищим.

Підбір насосів на режим максимального годинного водоспоживання плюс пожежа здійснюють за параметрами:

$$Q_{н.с.пож}, \text{ м}^3/\text{ГОД}; H_{н.с.пож}, \text{ м.} \quad (1.12)$$

У контрольній роботі приймаємо мінімально 2 робочі насоси для режиму максимального годинного водоспоживання плюс пожежа.

Марку насосів і їх кількість підбираємо за каталогами насосів вітчизняних та іноземних виробників. У курсовому проєкті необхідно навести робочі гідравлічні характеристики вибраних насосів, а також їх конструкції та розміри.

## **2. КУРСОВИЙ ПРОЄКТ З ДИСЦИПЛІНИ «НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ»**

### **2.1. Загальні відомості**

Курсовий проєкт базується на результатах розрахунків контрольної роботи, яка була виконана студентом у попередньому семестрі, у процесі вивчення дисципліни «Гідравлічні і аеродинамічні машини».

Основну увагу водночас приділяють розділам, в яких наведено дані щодо особливостей будівельних конструкцій, режимів роботи, характеристик встановленого насосного і технологічного обладнання насосних станцій систем водопостачання і водовідведення населених міст. Виконання курсового проєкту допоможе студенту закріпити отримані теоретичні знання.

Під час розроблення проєкту студент має самостійно ухвалити рішення щодо визначення об'ємів водоспоживання, розрахунку водоводів, розміщення та діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів, улаштування та підбору насосного обладнання для різних режимів роботи відповідних систем.

### **2.2. Завдання, структура й обсяг курсового проєкту**

Курсовий проєкт складається з графічної частини (1 лист формату А1, або 2 листи формату А2) і пояснювальної записки (30 - 35 с.).

Графічна частина курсового проєкту вміщує:

1. План водопровідної насосної станції М 1:100.
2. Повздовжній і поперечний перерізи насосної станції М 1:100.
3. Ситуаційний план майданчика насосної станції М 1:500.
4. Висотна схема розташування обладнання М 1:100.

Пояснювальна записка має містити:

- титульний лист;
- вихідні дані до проєкту (результати виконання контрольної роботи);
- зміст;
- вступ, де треба навести загальні відомості про об'єкт, що проєктується, і прийняті проєктні рішення;
- графік погодинного водоспоживання, величина подачі насосної станції;

- підбір робочих насосів на випадок максимального годинного водоспоживання і на випадок максимального годинного водоспоживання плюс пожежогасіння, прийняті марки насосів і їх характеристики;
- розрахунок діаметрів трубопроводів у насосній станції, підбір водовимірювача, необхідних фасонних частин і арматури;
- специфікацію використаного обладнання і арматури;
- розрахунок характеристик напірних водоводів;
- розрахунок і побудову графіка сумісної роботи насосів і водоводів;
- підбір електродвигунів;
- підбір необхідного підйомно-транспортного обладнання;
- визначення позначки підлоги насосної станції;
- визначення розмірів фундаменту;
- підбір додаткового насосного обладнання;
- електричну схему насосної станції;
- розрахунок необхідного об'єму РЧВ;
- список використаної літератури.

Приклад оформлення графічної частини курсового проекту і окремі табличні дані наведено в додатках.

### **2.3. Визначення діаметрів трубопроводів у насосній станції (використати дані розрахунків з попередньої контрольної роботи)**

**Зовнішні усмоктувальні трубопроводи.** Число ліній таких водоводів на станціях повинно бути не менше двох. У разі вимкнення однієї лінії останні мають бути розраховані на пропуск повної витрати для насосних станцій I та II категорії і 70 % розрахункової витрати для III категорії.

Для насосних станцій I та II категорії розрахункову витрату одного усмоктувального водоводу визначають за формулою:

$$Q_{y.в} = \frac{Q_{н.с}}{n_{в.в} - 1}, \quad (2.1)$$

а для насосних станцій III категорії:

$$Q_{y.в} = 0,7 \frac{Q_{н.с}}{n_{в.в} - 1}, \quad (2.2)$$

де  $Q_{н.с}$  – максимальна подача насосної станції;  $n_{у.в}$  – число усмоктувальних водоводів.

Тобто для насосних станцій I та II категорії надійності при двох усмоктувальних трубопроводах кожний з них повинен бути розрахований на 100 % пропуску витрати.

В якості усмоктувальних труб рекомендуються сталеві трубопроводи. Усмоктувальний трубопровід має мати безперервний підйом до насосу з похилом не менше 0,005.

Втрати напору в усмоктувальному водоводі визначають за формулою:

$$h_{у.в} = 1000iL_{у.в} + \sum \zeta_m \frac{V^2}{2g}, \quad (2.3)$$

де  $1000i$  – втрати напору на 1 км трубопроводу в метрах водяного стовпа, які визначають для розрахункової витрати  $Q_{н.с}$  в трубах прийнятого діаметру за таблицями Шевелевих [6];  $L_{у.в}$  – довжина усмоктувального трубопроводу, км;  $\sum \zeta_m$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів;  $V$  – швидкість руху води в усмоктувальному трубопроводі, м/с.

**Усмоктувальні і напірні трубопроводи всередині насосної станції** II підйому проєктують сталевими. З'єднують труби сваркою. Фланцеві з'єднання застосовують тільки для під'єднання до насосів і арматури. Діаметри труб визначають за допустимими швидкостями, наведеними в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Діаметр труб, мм	Швидкості руху води в трубопроводах насосних станцій, м/с	
	в усмоктувальному	в напірному
≤ 250	0,6 – 1,0	0,8 – 2,0
300 – 800	0,8 – 1,5	1,0 – 3,0
> 800	1,2 – 2,0	1,5 – 4,0

Діаметри трубопроводів всередині станції мають відповідати стандартним діаметрам арматури (засувки, зворотні клапани), які

розміщуються на них. Діаметри труб зазвичай більше діаметрів патрубків насосів і з'єднуються з ними переходами.

Трубопроводи можуть прокладати над поверхнею підлоги з улаштуванням містків над трубопроводами; в мілких і глибоких каналах; на кронштейнах біля стін машинної зали; в підвалах.

**Фасонні частини.** Фасонні частини на трубах всередині насосних станцій зазвичай беруть сталеві. Стандартні розміри і вагу фасонних частин для специфікації належить брати з довідника [5]. При компоновці машинної зали розміри зварних частин можна приймати орієнтовно.

Довжину радіуса закруглення коліна беруть рівною  $D_y$  або  $1,5D_y$ . Довжину переходів беруть  $L_n = (4 \dots 7) \cdot (D_y - D_y)$ . У трійників  $L_m = 2D_y + C$ ,  $C \geq 150$  мм і  $C \approx 100$  мм при  $D_y > 150$  мм.

Відстань від фланця на бічному підключенні  $L_m^I = 0,5D_y + b$ , де  $b = 150$  мм при  $D_y \leq 300$  мм і  $b = 200$  мм при  $D_y > 300$  мм.

**Запірна арматура, зворотні клапани.** Напірна лінія кожного насосу має бути обладнана запірною арматурою і зворотним клапаном, який встановлюють між насосом і запірною арматурою. На усмоктувальних лініях запірну арматуру належить встановлювати у насосів, які розташовані під залив, або місці приєднання насосів до загальної усмоктувальної лінії.

В останній час все більше застосування замість засувки отримали поворотні дискові затвори.

Зворотні клапани встановлюють на трубопроводах, щоб не допустити зворотну течію води.

**Монтажні вставки** застосовують в насосних станціях для полегшення монтажу арматури. Вони дають змогу збільшувати (або зменшувати) зазор між фланцями арматури і трубопроводу. В якості монтажних вставок можливо використовувати сальникові компенсатори.

Виконавши трасування та підбравши діаметри всмоктувальних і напірних трубопроводів всередині насосної станції, визначаємо втрати напору у них окремо для режиму максимального годинного водопостачання і режиму максимального годинного водопостачання плюс пожежа в такій послідовності:

- на схемі трубопроводів вказуємо їх діаметри, арматуру, фасонні частини і розрахункові витрати;

- визначаємо найбільш не вигідний для розрахунку втрат напору шлях води, на ньому нумерують місцеві втрати напору;

- розрахунок місцевих втрат для режиму максимального годинного водопостачання оформлюють у табличній формі (табл. 2.2)

Таблиця 2.2

№ пор.	Найменування місцевих опорів	$d$ , мм	$Q$ , л/с	$\zeta_m$	$V$ , м/с	$\frac{V^2}{2g}$	$\zeta_m \frac{V^2}{2g}$
1	2	3	4	5	6	7	9

$$h_{н.с} = \sum \zeta_m \frac{V^2}{2g}.$$

Таку ж форму таблиці заповнюємо для режиму максимального годинного водоспоживання плюс пожежа (табл. 2.2).

**Водовимірювачі.** В якості водовимірювача в насосних станціях частіше всього застосовують звужувальні пристрої: діафрагми, сопла і труби Вентурі. Їх встановлюють на напірних водоводах. За величиною втрат напору у водовимірювачі визначають витрату води, що проходить через нього.

Перепад напору у звужувальному пристрої можна розраховувати за загальною залежністю:

$$h_{вдм} = \frac{V^2}{2g} \left( \frac{1}{m^2} - 1 \right), \quad (2.4)$$

де  $V$  – швидкість руху води в трубі на підході до водовимірювача, м/с;  
 $m$  – відносне звуження потоку:

$$m = \frac{d^2}{D^2}, \quad (2.5)$$

де  $d$  і  $D$  – відповідно, діаметр звужувального пристрою і підвідного трубопроводу.

У разі, коли в якості вимірювального приладу застосовують діафрагму, втрати напору в ній визначають за формулою:

$$h_{\text{вдм}} = \frac{V^2}{2g} \left( \frac{1}{m^2} - 1 \right) (1 - m); \quad (2.6)$$

- для сопел:

$$h_{\text{вдм}} = \frac{V^2}{2g} \left( \frac{1}{m^2} - 1 \right) (1 - 1,4m); \quad (2.7)$$

- для труб Вентурі:

$$h_{\text{вдм}} = 0,14 \frac{V^2}{2g} \left( \frac{1}{m^2} - 1 \right) (1 - m). \quad (2.8)$$

Значення  $m$  вибирають із стандартних: для діафрагм – 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; для труб і сопел Вентурі – 0,2 і 0,4. Труби і сопла Вентурі застосовують на насосних станціях водовідведення, оскільки вони менше зношуються у процесі експлуатації.

Значення  $m$  приймають так, щоб розраховані за наведеними формулами втрати напору були: для діафрагм – 1 - 2 м, а для сопел і труб Вентурі – 0,5 - 1,5 м. Чим більший діапазон зміни витрат, тим менше треба приймати  $m$  і більше  $h_{\text{вдм}}$ .

Витратоміри належить встановлювати за прямолінійною ділянкою трубопроводу. Мінімальна довжина ділянки залежить від виду звужувального пристрою, відносного звужування потоку  $m$ , виду місцевих опорів, які збурюють потік. Загалом довжина прямолінійної підвідної ділянки –  $(20 \dots 40)D$  і відвідної –  $5D$ .

На основі даних табл. 2.2 і виконаних розрахунків уточнюємо прийняте раніше (у контрольній роботі, формула 3) значення втрат напору  $h_{\text{у.в}}$ ,  $h_{\text{н.с}}$  і  $h_{\text{вдм}}$ . Після цього здійснюємо перерахунок необхідного напору насосів насосної станції для двох розрахункових режимів ( $H_{\text{н.с}}$  і  $H_{\text{н.с.пож}}$ ).

**Специфікація обладнання, трубопроводів, арматури і фасонних частин.** Специфікації складають для попереднього замовлення обладнання, зручності читання креслень у процесі будівництва насосної станції, монтажу і експлуатації обладнання. У специфікацію вміщено основне і допоміжне насосне обладнання і електродвигуни до нього,

підйомно-транспортне обладнання, трубопроводи і арматура. Специфікацію приводять на кресленні або в пояснювальній записці. Форму оформлення специфікації наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

### Специфікація

№ пор.	Позначення	Назва	Кількість	Маса од., кг	Примітка
1	ДСТУ .....	Насос відцентровий .....	2	500	2 роб.

У специфікації у графі «Позначення» вказують посилання на ДСТУ, довідковий матеріал або літературу, звідки взяті відомості про обладнання, трубопроводи і арматуру. У процесі виконання курсового проекту розміри, вагу і коефіцієнти опору розглянутої арматури ( $\zeta_m$ ) можна знайти в довідковій літературі, наприклад [5].

#### 2.4. Розрахунок характеристик напірних водоводів

Для аналізу гідравлічних умов роботи напірних водоводів необхідно побудувати їх графічні характеристики. А саме графіки зміни втрат напору у водоводах за пропуску різних витрат води і умов роботи.

Розглянемо такі режими роботи напірних водоводів за пропуску максимальної годинної витрати:

1. Робота двох водоводів.
2. Робота одного водоводу.
3. Робота двох водоводів з одною перемичкою за наявності однієї аварії.

Під час побудови відповідних графіків для кожного режиму необхідно використати залежність (1.2). Для кожного режиму візьмемо декілька значень витрати (мінімум п'ять). 1.  $Q_1 = 0$ ; 2.  $Q_2 = 0,33 \cdot Q_{max.god}$ ; 3.  $Q_3 = 0,5 \cdot Q_{max.god}$ ; 4.  $Q_4 = Q_{max.god}$ ; 5.  $Q_5 = 1,1 \cdot Q_{max.god}$ .

Результати розрахунків зводимо до табл. 2.4.

Таблиця 2.4

№ пор.	Напори	Витрата, м <sup>3</sup> /год				
		0	0,33Q <sub>н.с</sub>	0,5Q <sub>н.с</sub>	Q <sub>н.с</sub>	1,1Q <sub>н.с</sub>
		Відношення Q/Q <sub>н.с</sub>				
		0	0,33	0,5	1	1,1
<i>Два водоводи (2d)</i>						
1	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>
2	h <sub>у.в</sub>	0	0,1h <sub>у.в</sub>	0,25h <sub>у.в</sub>	h <sub>у.в</sub>	1,21h <sub>у.в</sub>
3	h <sub>н.с</sub>	0	0,1h <sub>н.с</sub>	0,25h <sub>н.с</sub>	h <sub>н.с</sub>	1,21h <sub>н.с</sub>
4	h <sub>вдм</sub>	0	0,1h <sub>вдм</sub>	0,25h <sub>вдм</sub>	h <sub>вдм</sub>	1,21h <sub>вдм</sub>
5	h <sub>н.в</sub>	0	0,1h <sub>н.в</sub>	0,25h <sub>н.в</sub>	h <sub>н.в</sub>	1,21h <sub>н.в</sub>
6	h <sub>мер</sub>	0	0,1h <sub>мер</sub>	0,25h <sub>мер</sub>	h <sub>мер</sub>	1,21h <sub>мер</sub>
7	H <sub>2d</sub>	H <sub>геом</sub>	Σ=0,1H <sub>2d</sub>	Σ=0,25H <sub>2d</sub>	Σ=H <sub>2d</sub>	Σ=1,21H <sub>2d</sub>
<i>Один водовід (d)</i>						
1	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>
2	h <sub>у.в</sub>	0	0,1h <sub>у.в</sub>	0,25h <sub>у.в</sub>	h <sub>у.в</sub>	1,21h <sub>у.в</sub>
3	h <sub>н.с</sub>	0	0,1h <sub>н.с</sub>	0,25h <sub>н.с</sub>	h <sub>н.с</sub>	1,21h <sub>н.с</sub>
4	h <sub>вдм</sub>	0	0,1h <sub>вдм</sub>	0,25h <sub>вдм</sub>	h <sub>вдм</sub>	1,21h <sub>вдм</sub>
5	h <sub>н.в</sub>	0	0,1h <sub>н.в</sub>	0,25h <sub>н.в</sub>	h <sub>н.в</sub>	1,21h <sub>н.в</sub>
6	h <sub>мер</sub>	0	0,1h <sub>мер</sub>	0,25h <sub>мер</sub>	h <sub>мер</sub>	1,21h <sub>мер</sub>
7	H <sub>2d</sub>	H <sub>геом</sub>	Σ=0,1H <sub>d</sub>	Σ=0,25H <sub>d</sub>	Σ=H <sub>d</sub>	Σ=1,21H <sub>d</sub>
<i>Два водоводи. Одна перемичка. Аварія (2da)</i>						
1	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>	H <sub>геом</sub>
2	h <sub>у.в</sub>	0	0,1h <sub>у.в</sub>	0,25h <sub>у.в</sub>	h <sub>у.в</sub>	1,21h <sub>у.в</sub>
3	h <sub>н.с</sub>	0	0,1h <sub>н.с</sub>	0,25h <sub>н.с</sub>	h <sub>н.с</sub>	1,21h <sub>н.с</sub>
4	h <sub>вдм</sub>	0	0,1h <sub>вдм</sub>	0,25h <sub>вдм</sub>	h <sub>вдм</sub>	1,21h <sub>вдм</sub>
5	h <sub>н.в</sub>	0	0,1h <sub>н.в</sub>	0,25h <sub>н.в</sub>	h <sub>н.в</sub>	1,21h <sub>н.в</sub>
6	h <sub>мер</sub>	0	0,1h <sub>мер</sub>	0,25h <sub>мер</sub>	h <sub>мер</sub>	1,21h <sub>мер</sub>
7	H <sub>2da</sub>	H <sub>геом</sub>	Σ=0,1H <sub>2da</sub>	Σ=0,25H <sub>2da</sub>	Σ=H <sub>2da</sub>	Σ=1,21H <sub>2da</sub>

За аналогією з режимом максимального годинного водоспоживання побудуємо графічну залежність зміни втрат напору у водоводах при пропуску додатково протипожежної витрати води. Результати розрахунків зводимо до табл. 2.5.

Таблиця 2.5

№ пор.	Напори	Витрата, м <sup>3</sup> /год				
		0	0,33Q <sub>н.с.пож</sub>	0,5Q <sub>н.с.пож</sub>	Q <sub>н.с.пож</sub>	1,1Q <sub>н.с.пож</sub>
		Відношення Q <sub>пож</sub> /Q <sub>н.с.пож</sub>				
		0	0,33	0,5	1	1,1
<i>Два водоводи (2d)</i>						
1	H <sub>геом.пож</sub>	H <sub>геом.пож</sub>	H <sub>геом.пож</sub>	H <sub>геом.пож</sub>	H <sub>геом.пож</sub>	H <sub>геом.пож</sub>
2	h <sub>у.в</sub>	0	0,1h <sub>у.в</sub>	0,25h <sub>у.в</sub>	h <sub>у.в</sub>	1,21h <sub>у.в</sub>
3	h <sub>н.с</sub>	0	0,1h <sub>н.с</sub>	0,25h <sub>н.с</sub>	h <sub>н.с</sub>	1,21h <sub>н.с</sub>
4	h <sub>вдм</sub>	0	0,1h <sub>вдм</sub>	0,25h <sub>вдм</sub>	h <sub>вдм</sub>	1,21h <sub>вдм</sub>
5	h <sub>н.в.пож</sub>	0	0,1h <sub>н.в.пож</sub>	0,25h <sub>н.в.пож</sub>	h <sub>н.в.пож</sub>	1,21h <sub>н.в.пож</sub>
6	h <sub>мер.пож</sub>	0	0,1h <sub>мер.пож</sub>	0,25h <sub>мер.пож</sub>	h <sub>мер.пож</sub>	1,21h <sub>мер.пож</sub>
7	H <sub>2d</sub>	H <sub>геом.пож</sub>	Σ=0,1H <sub>2d</sub>	Σ=0,25H <sub>2d</sub>	Σ=H <sub>2d</sub>	Σ=1,21H <sub>2d</sub>

Розрахункові схеми напірних водоводів наведено на рис. 2.1.

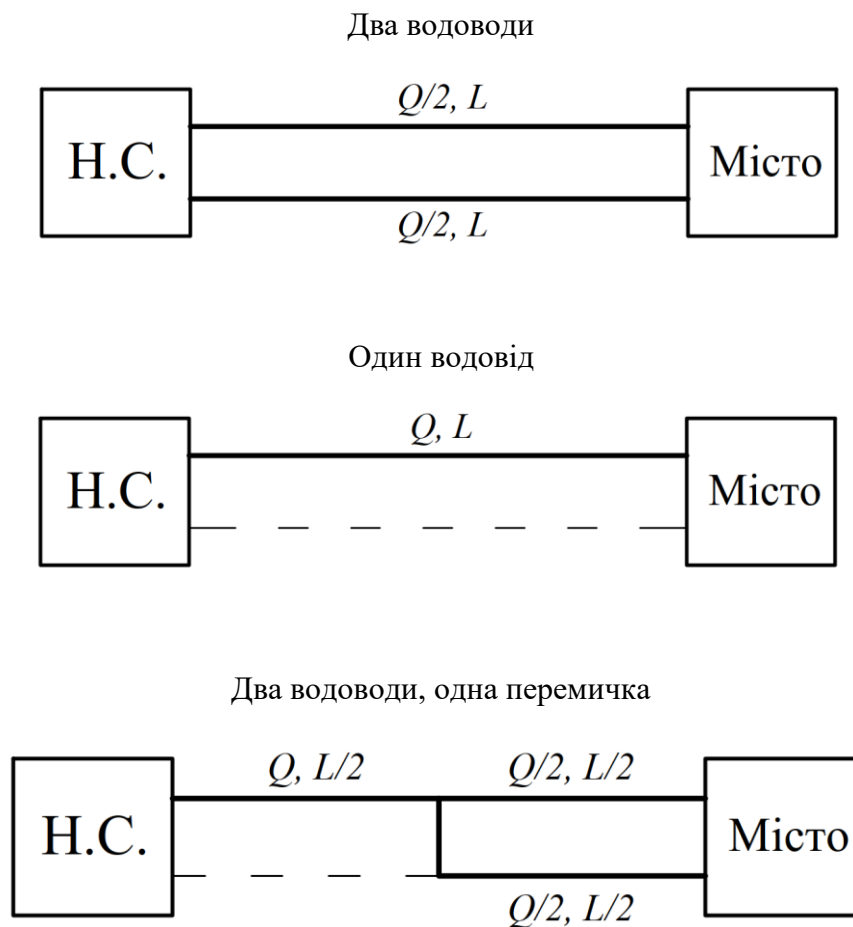


Рис. 2.1. Схеми напірних водоводів

## 2.5. Графік сумісної роботи насосів і водоводів

На базі проведених розрахунків і підбору марок насосів, які забезпечують подачу води в режимах максимального годинного водопостачання і максимального годинного водопостачання плюс пожежогасіння, визначаємо також їх кількість. При цьому визначаємо кількість робочих і резервних насосів. Окремо це робимо для кожного з двох режимів. Кількість прийнятих насосів приймаємо за умови забезпечення максимальної економічності їх роботи. Кількість резервних насосів залежить від категорії водопостачання. У курсовому проекті згідно з чинними ДБН [1, п. 8.4], для першої категорії надійності приймаємо 2 резервні насоси.

За даними табл. 2.4 і табл. 2.5 будують графіки залежності втрат напору у водоводах для двох режимів роботи системи. На цей же графік наносимо графічні характеристики насосів, що працюють за максимального годинного водоспоживання і максимального годинного водоспоживання плюс пожежа. Точки перетину цих графіків між собою представляють робочі точки процесу, тобто визначають робочі параметри насосів ( $Q, H$ ).

Приклад графіка сумісної роботи насосів і водоводів наведено на рис. 2.2.

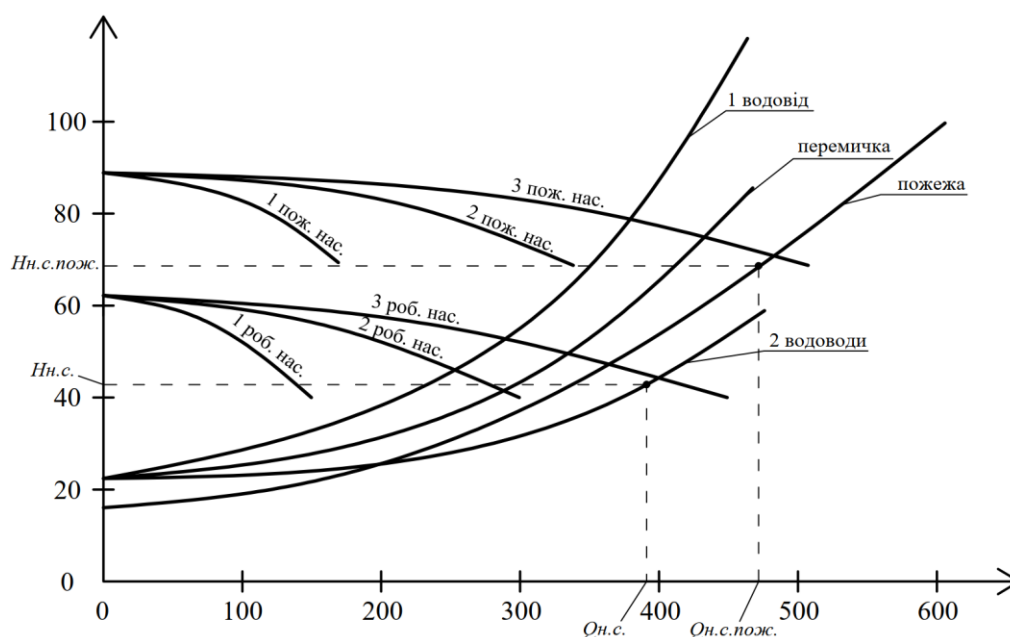


Рис. 2.2. Приклад графіка сумісної роботи насосів і водоводів

У прикладі для кожного з режимів роботи прийнято три робочих насоси, які з'єднані між собою паралельно.

## 2.6. Підбір електродвигунів

Зазвичай електроагрегати (насоси і електродвигуни до них) поставляють замовнику заводом-виробником у комплекті

За роздільної поставки електродвигун до насосу необхідно підбирати. Електродвигун підбирають за частотою обертання, робочим положенням (горизонтальний, вертикальний), потужністю, напругою і видом виконання.

При виборі типу електродвигунів основних насосів до потужності 250 кВт встановлюють асинхронні електродвигуни з короткозамкнутим ротором. За потужності до 100 кВт беруть напругу до 380 В. За потужності понад 250 кВт встановлюють синхронні двигуни.

Потужність, яка необхідна для приводу насосу, визначають за формулою:

$$P = k \frac{\rho g Q_n H_n}{1000 \eta_m \eta_n} \quad (2.9)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу, який залежить від можливого перевантаження і потужності електродвигуна:

при $P$ , кВт	< 20	20 – 60	60 – 300	> 300
коефіцієнт запасу $k$		1,25	1,2	1,15      1,1;

$\rho$  – густина рідини, що перекачується, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>;  $Q_n$  – максимально можлива подача насосу в схемі насосної станції, м<sup>3</sup>/с;  $H_n$  – напір, що відповідає  $Q_n$ , м;  $\eta_n$  – ККД насосу, що відповідає  $Q_n$ ;  $\eta_n$  – ККД передачі (при з'єднанні насоса з двигуном через пружну муфту,  $\eta_n = 1$ ).

Навести характеристики прийнятого електродвигуна.

## 2.7. Визначення позначки підлоги насосної станції

У насосних станціях II підйому основні насоси зазвичай встановлюють під залив. При цьому корпус насосу повинен бути розташований не менше ніж на 0,3 - 0,4 м нижче розрахункового рівня в резервуарах чистої води (РЧВ): для об'єднаної господарсько-пожежної або пожежної групи насосів – нижче рівня пожежного запасу, для господарсько-питної групи – нижче середнього рівня води в резервуарах. Якщо дані про розрахункових рівнях відсутні, то рівень зберігання пожежного запасу приймають на 1 м вище мінімального рівня води в резервуарі, а середній рівень – на 2,4 м вище мінімального. Відмітку підлоги машинної зали і заглиблення насосної станції зазвичай визначають посадкою пожежних насосів. Схему висотного розташування насосів на станції II підйому наведено на рис. 2.3.

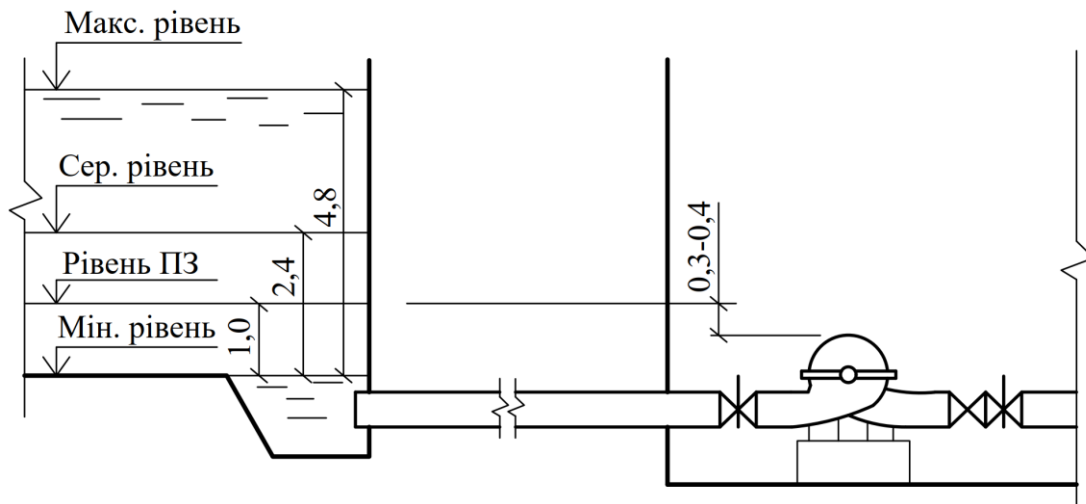


Рис. 2.3. Схема висотного розташування насосів на станції II підйому

## 2.8. Визначення розмірів фундаменту

Підібравши для насоса електродвигун, необхідно скласти агрегат, визначити розміри цього агрегату, розміри і конструкцію фундаменту, на якому він встановлюється, положення відносно фундаменту усмоктувального і напірного патрубків насосу.

Горизонтальні насоси типу К монтують з електродвигунами на загальній плиті заводського виготовлення. Насос і електродвигун можуть монтуватися як на загальній, так і на роздільних рамах. Висоту рами беруть не менше 100 мм. Відстань від краю рами до осі отворів під болти кріплення повинна становити 50 - 100 мм, а відстань від краю рами до краю фундаменту – не менше 50 мм.

Під час компонування креслять контури насосу і по ним план розташування отворів для кріплення насосу і електродвигуна. Додавши по 100 - 150 мм до крайніх отворів, можна отримати мінімальні розміри фундаменту в плані (довжину  $L$  і ширину  $B$ ) (рис. 2.4).

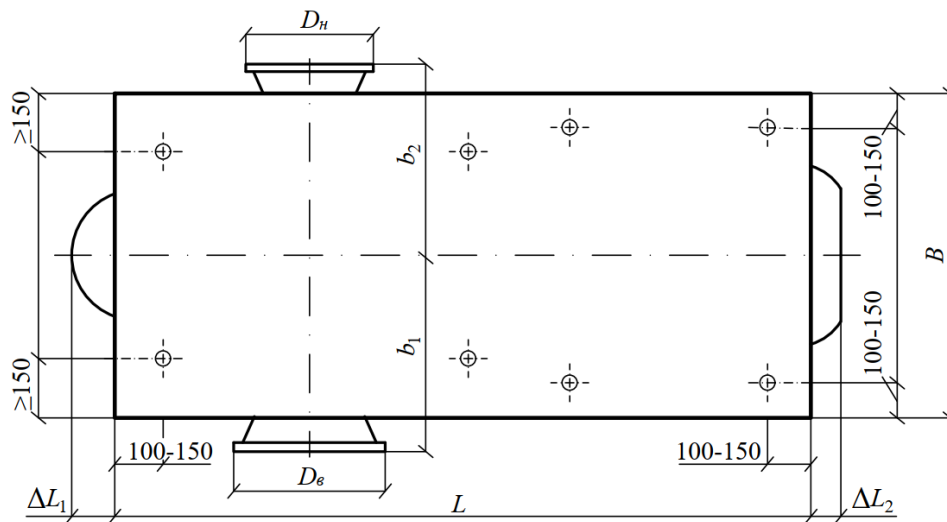


Рис. 2.4. План фундаменту під насос

На план фундаменту наносять вісь, яка відповідає положенню робочого колеса. Визначають довжину виступаючих частин агрегату за фундамент, у тому числі усмоктувальний і напірний патрубки. Такий план називають «монтажною прямою».

Висоту фундаменту над підлогою беруть не менше ніж 100 мм. У заглиблених і напівзаглиблених станціях для захисту від можливого затоплення електродвигуни насосів розташовують на висоті не менше ніж 0,5 м від підлоги машинної зали. Глибина закладення фундаменту під агрегат має бути не менше ніж 500 - 600 мм. Для зменшення впливу вібрації від дії насосу фундамент необхідно встановлювати прокладку з кількох шарів гнучкого рулонного матеріалу.

Ширину проходів між виступаючими частинами насосів, трубопроводів і двигунів належить брати: а) між агрегатами – 1 м; б) між агрегатами і стінкою 1 м, у заглиблених станціях – 0,7 м; с) – між нерухомими і виступаючими частинами обладнання і трубопроводів – 0,7 м.

Дозволяється встановлювати два насоси на один монолітний фундамент. Водночас необхідно забезпечити обхід навкруги насосу завширшки не менше ніж 1 м.

## 2.9. Підбір додаткового насосного обладнання

Для забезпечення нормальних умов експлуатації основного обладнання насосної станції необхідно влаштування різних допоміжних систем, зокрема дренажу осушення, вентиляції та ін.

**Дренажні насосні установки.** Ці установки призначено для відкачування з підземної частини насосної станції ґрунтових вод, які фільтруються через стінки будівлі, витоку води через сальники насосів і води, яку виливають під час ремонту обладнання. Для збору дренажних вод у кутку машинної зали улаштовують дренажний колодязь розміром 0,5×0,5×0,7 м. Об'єм колодязя беруть рівним подачі дренажного насосу протягом 10 - 15 хв. Воду до колодязя підводять дренажними лотками, які розташовані біля стін. Підлогу влаштовують з похилом у бік лотків (0,002 – 0,005).

Гідравлічні втрати напору у дренажних насосів беруть рівними 2 - 4 м. Подачу дренажних насосів визначають за формулою:

$$Q_d = (1,5 \dots 2,0) \cdot (\sum q_1 + q_2), \quad (2.10)$$

де  $\sum q_1$  – сумарний витік через сальники, по 0,05...0,1 л/с на кожне сальникове ущільнення;  $q_2$  – фільтраційна витрата через стінки і підлогу будівлі, л/с.

Орієнтовно  $q_2$ , л/с, розраховують за формулою:

$$q_2 = 1,5 + 0,001W, \quad (2.11)$$

де  $W$  – об'єм машинної зали, який розташований нижче максимального рівня ґрунтових вод, м<sup>3</sup>.

В якості дренажних зручно використовувати вихорові консольні самовсмоктувальні насоси ВКС або занурений відцентровий моноблочний каналізаційний насос. Витрата насосів 0,75 - 11,0 л/с з напором 20 - 80 м. Розмір насосів 1000×300 мм. Дренажних насосів встановлюють не менше двох (один – резервний). Запуск і вимкнення насосів здійснюють автоматично від поплавкових реле рівнів у дренажному колодязі.

**Система осушення.** Система осушення призначена для відкачування води з усмоктувальних трубопроводів приймальних камер основних насосів і з машинної зали у разі її затоплення під час аварії. Продуктивність аварійних осушувальних насосів потрібно визначати за умови відкачки води з машинної зали шаром 0,5 м протягом 4 - 8 год і водночас передбачити наявність одного резервного агрегату на складі.

Продуктивність аварійних насосів розраховують за формулою, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{ан} = \frac{0,5 \cdot F}{t}, \quad (2.12)$$

де  $F$  – площа машинної зали, м<sup>2</sup>;  $t$  – час відкачування в годинах (4 - 8 год).

Напір осушувальних насосів беруть на 1 м більше заглиблення насосної станції. В якості аварійних насосів приймаємо (табл. 2.6):

Таблиця 2.6

Марка	Подача, л/с	Напір, м	Потужність, кВт	Вага, кг	Розміри в плані, мм
GXV 40B	12	4,0	0,55	10,1	210×210

### 2.10. Електрична частина насосної станції

У курсовому проєкті необхідно розробити принципову схему електричних з'єднань і запроектувати приміщення електрогосподарства.

Насосні станції зазвичай приєднують до ліній електропередач (ЛЕП) з напругою 6,3 - 35 кВт.

Для вмикання і вимикання привідних електродвигунів основних насосів потужністю понад 75 кВт або за напруги понад 3 кВ встановлюють масляні вимикачі.

Трансформатори і масляні вимикачі, як пожежонебезпечне і таке, що знаходиться під високою напругою обладнання, розміщують в окремих приміщеннях з капітальними стінами і обмеженим доступом персоналу. Привід рухомих контактів масляних вимикачів електромагнітний, що дає змогу здійснювати вмикання і вимикання високовольтного обладнання з щитової – приміщення, де розташовується обладнання низької напруги: щит управління, щит вимірювання і сигналізації, щити низької напруги. Через щити низької напруги підключається допоміжне обладнання.

Приклад можливої схеми електричних з'єднань насосних станцій наведено на рис. 2.5:

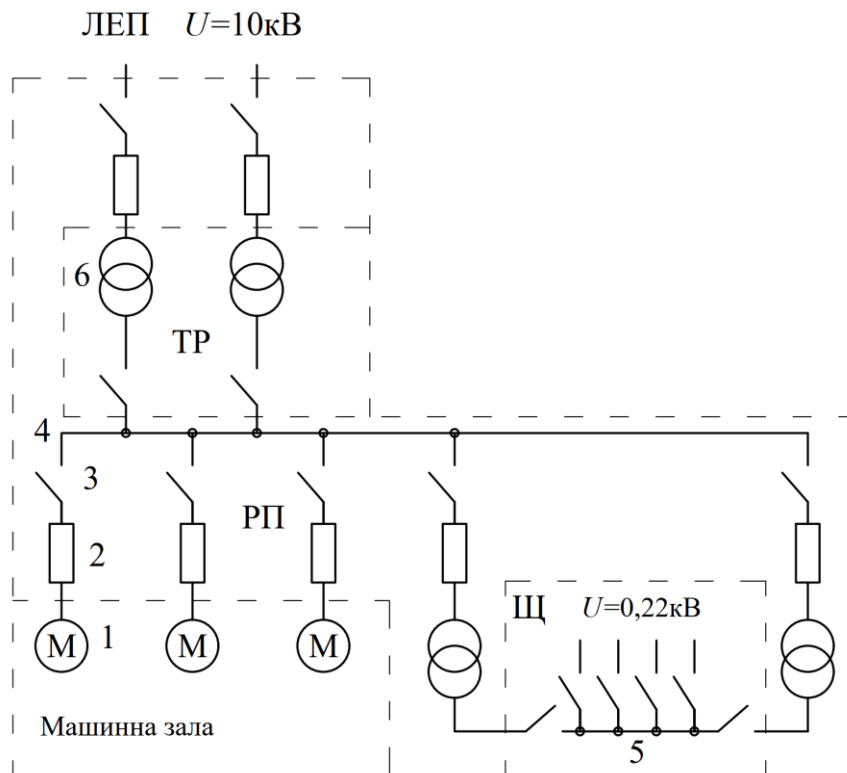


Рис. 2.5. Схема можливого електричного з'єднання насосних станцій:  
 1 – електродвигун насосу; 2 – масляний вимикач; 3 – роз'єднувач; 4 – шини низької напруги; 5 – щит низької напруги; 6 – силовий трансформатор; РП – приміщення розподільчих пристроїв; Тр – камери трансформаторів; Щ – щитове приміщення

Схема з під'єднанням насосів у насосних станціях I категорії здійснюється до двох електричних джерел.

Розподільчі пристрої (РП), камери трансформаторів (Тр) і щити управління (Щ) належить розміщувати у вбудованих або прибудованих до машинної зали приміщеннях. Допускається встановлення щитів у машинній залі. Трансформаторні камери і розподільчі пристрої проектують з виходом на зовні. Допускається трансформатори особистих потреб і розподільчі пристрої розміщувати в одному приміщенні.

Необхідну для насосних станцій потужність трансформаторів  $S$ , кВ·А визначають потужністю привідних електродвигунів основної групи насосів, потужністю електроприводів інших механізмів (засувки, підйомного обладнання, допоміжних насосів та ін.) і потужністю електроосвітлювальних і електроопалювальних пристроїв:

$$S = k_0 \sum \frac{P_n}{\eta_{дв} \cos \varphi} + (10 \dots 50), \quad (2.13)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт попиту за потужністю, який залежить від числа електродвигунів, які працюють: у разі двох двигунів – 1; у разі трьох – 0,9; у разі чотирьох – 0,8, у разі п'яти і більше – 0,7;  $P_n$  – номінальна (паспортна) потужність електродвигунів основних насосів (без резервних);  $\eta_{об}$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна;  $\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності електродвигуна; 10...50 – прийняте в курсовому проєкті навантаження від допоміжного обладнання, опалювальних і освітлювальних приладів, кВт.

Значення  $\eta$  і  $\cos \varphi$  беруть за технічними характеристиками електрообладнання. Залежно від типорозміру електродвигуна  $\cos \varphi = 0,80...0,92$ , а  $\eta_{об} = 0,9...0,93$ .

Трансформатори для особистих потреб розраховуються на потужність допоміжного обладнання, опалювальних і освітлювальних приладів.

Кількість трансформаторів беруть за схемою електричних з'єднань (зазвичай не менше двох). У разі виходу з ладу одного із встановлених трансформаторів допускається перевантаження тих, що залишились. Тимчасове перевантаження не повинно перевищувати 20 – 40 % номінальної потужності трансформатора.

Характеристику камер найбільш часто застосовуваних трансформаторів наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Потужність трансформатора, кВт·А	Висота, м	Катання вузької сторони	
		Глибина камери <i>A</i> , м	Ширина камери <i>B</i> , м
160 – 250	3,6	3	2,
400 – 630	3,6	3,5	2,9
750 - 1000	4,2	3,7	2,9

У приміщенні головного щита управління (щитової) розташовують низьковольтні розподільчі щити управління. Це приміщення, де постійно заходиться персонал. Воно повинно мати природне освітлення і внутрішній вихід в машинну залу. Площу щитової приблизно треба брати 4 - 6 м<sup>2</sup> на один встановлений насос – для насосних II підйому, 4 - 5 м<sup>2</sup> – для насосних I підйому.

## 2.11. Підбір підйомно-транспортного обладнання

Тип підйомно-транспортного обладнання беруть залежно від розташування машинної зали відносно поверхні землі, ваги і розмірів насосного обладнання та арматури, виду транспорту і розмірів монтажних майданчиків. Вантажопідйомність і габарити автомобілів та монтажних майданчиків, які рекомендуються для перевезення обладнання, залежно від його ваги наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Вантажопідйомність, т	1	2,5
Розміри автомобіля, мм:		
- довжина;	4360	5725
- ширина;	1940	2250
- висота	2070	2130
Розміри платформи, мм:		
- довжина;	2730	3070
- ширина;	1820	2070
- висота (навантажувальна)	700	1200
Мінімальні розміри монтажного майданчика, мм:		
- довжина;	3430	3770
- ширина	3220	3470

Навколо транспорту, на якому подається обладнання на монтажний майданчик, повинен бути забезпечений прохід завширшки не менше 0,7 м. Вантаж з автомобіля на монтажний візок може переноситися за межами будівлі за допомогою зовнішнього монорельса.

Під час монтажу (демонтажу) основного технологічного обладнання насосної станції може брати участь від одного до трьох підйомно-транспортних механізмів.

Вантажопідйомність підйомно-транспортного обладнання належить призначати за масою найбільшої монтажної одиниці з урахуванням 10 % надбавки. За монтажну одиницю можливо приймати: ротор вертикального електродвигуна (якщо електродвигун поставляється в розібраному вигляді), зібраний горизонтальний агрегат за наявності фундаментної плити або рами заводського виготовлення, насос, електродвигун або засувку.

Вид підйомно-транспортного обладнання беруть залежно від маси агрегатів, що монтуються, і габаритів будівлі з урахуванням зручності

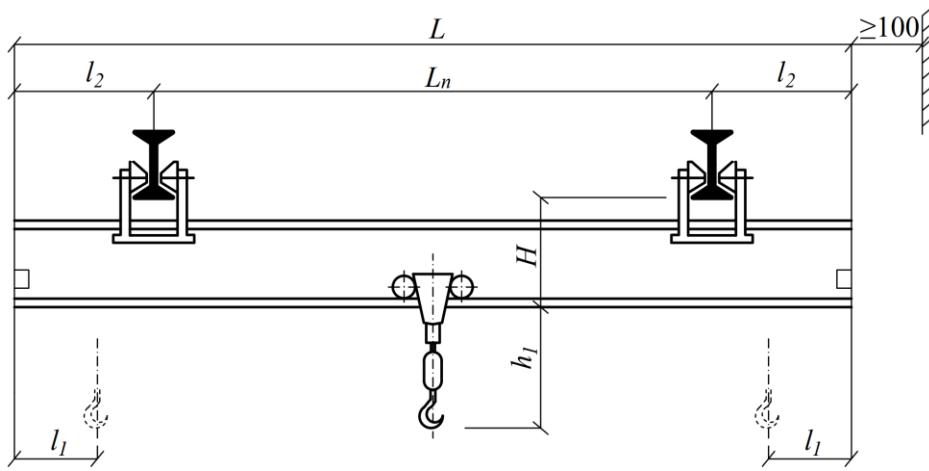
експлуатації: балки нерухомі (монорельси) з кошками і таллями – при масі до 1000 кг; крани підвісні (кран-балки) – при масі до 5000 кг; крани мостові – при масі вантажу понад 5000 кг.

Підйомно-транспортне обладнання може бути як ручним, так і з електричним приводом. Підйомники з електроприводом рекомендується застосовувати за висоти підйому понад 6 м, довжини машинної зали понад 18 м, маси вантажу понад 5000 кг, а також у габаритних станціях з великою кількістю насосних агрегатів.

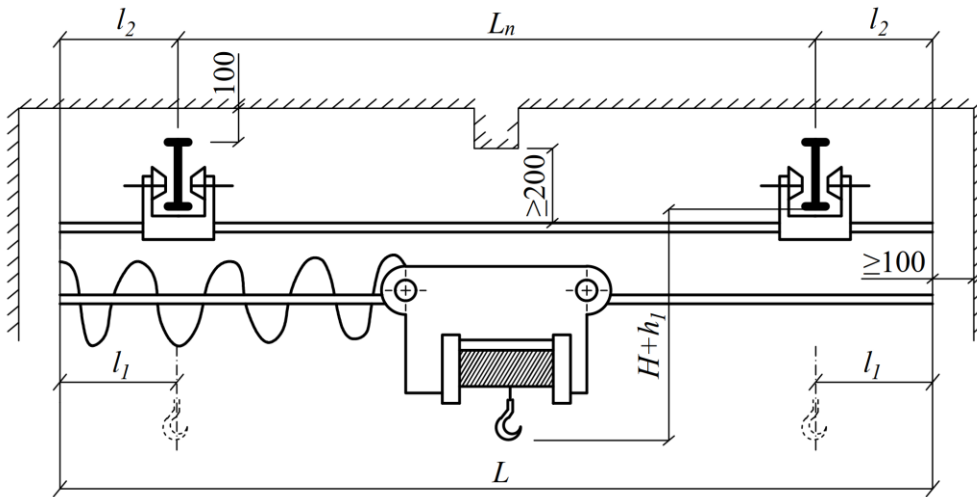
Монорельси належить застосовувати за однорядного розташування агрегатів паралельно повздовжньої осі будівлі, коли всі насоси і двигуни будуть знаходитися під монорельсом. За інших схем розташування агрегатів монорельси будуть застосовуватися при малій масі монтажної одиниці (до 100 кг). Для розвантаження обладнання монорельси можуть застосовуватися при масі вантажу до 5000 кг.

Та частина підйомного пристрою, з допомогою якої воно утримується на балці і переміщується по ній, називається *кошкою*, а та, за допомогою якої здійснюється підйом вантажу, – *таллю*. Талі вантажопідйомністю 1, 2, 3 і 5 т прикріплюються на двутаврових балках 24М, 30М, 36М і 45М, відповідно. Мінімальна відстань від монорельса до крюка для талей вантажопідйомністю 1, 2 і 3 т становить 1310 мм, а вантажопідйомністю 5 т – 1520 мм.

Підвісні кран-балки застосовують для обслуговування прямокутного в плані приміщення або його частини. Рухома балка з розташованими на ній кошкою і таллю пересувається двома нерухомими балками-двутаврами, які підвішені до конструкцій перекриття. Довжина рухомих балок змінюється в широких межах і приймається залежно від ширини приміщення. Кран-балки з електроприводом випускають з прольотами до 17 м. Схеми влаштування ручних і електричних кран-балок наведено на рис. 2.6.



*a*



*б*

Рис. 2.6. Схеми улаштування кранів підвісних однобалкових:  
*a* – ручні вантажопідйомністю 0,5 - 5 т з висотою підйому 3 - 12 м;  
*б* – електричні вантажопідйомністю 1 - 5 т з висотою підйому 6 - 18 м

Технічні характеристики підвісних ручних кранів наведено в табл. 2.9.

Технічні характеристики підвісних кранів з електроприводом наведено в табл. 2.10.

Таблиця 2.9

Довжина крана, $L$ , м	Вантажо- підйомність, $T$	Прольот, $L_n$ , м	Розміри, мм				Маса крана, кг
			$h_1$	$H$	$C$	$B$	
3,6	0,5	3	370	220	1000	1300	274
	1		370	220	1000	1300	274
	2		610	280	1000	1300	460
	3,2		610	280	1000	1300	469
	5		755	340	1500	2000	633
6,6	0,5	6	370	220	1500	1800	372
	1		370	220	1500	1800	372
	2		610	340	1500	1800	663
	3,2		610	340	1500	1800	679
	5		755	400	1800	2300	889

Таблиця 2.10

Довжина крана, $L$ , м	Вантажо- підйомність, $T$	Прольот, $L_n$ , м	Розміри, мм			Потужність двигуна, кВт	Маса крана, кг
			$H + h_1$	$C$	$B$		
3,6	1	3	1120	1000	1350	1,7	590
	2		1350	1000	1350	2,8	785
	3,2		1635	1000	1365	4,5	1060
	5		1910	1500	2095	7	1470
5,1	1	4,5	1125	1000	1350	1,7	695
	2		1360	1000	1350	2,8	895
	3,2		1645	1000	1365	4,5	1180
	5		2010	1500	2095	7	1745

Мостові крани (рис. 2.7, табл. 2.11) пересуваються вздовж машинної зали рельсами, які вкладені на підкранові балки, що опираються на консолі несучих колон або виступи стін (пілястри). Мостові крани потребують більшої висоти приміщень ніж кран-балки. Їх застосовують за великих мас обладнання, що монтується.

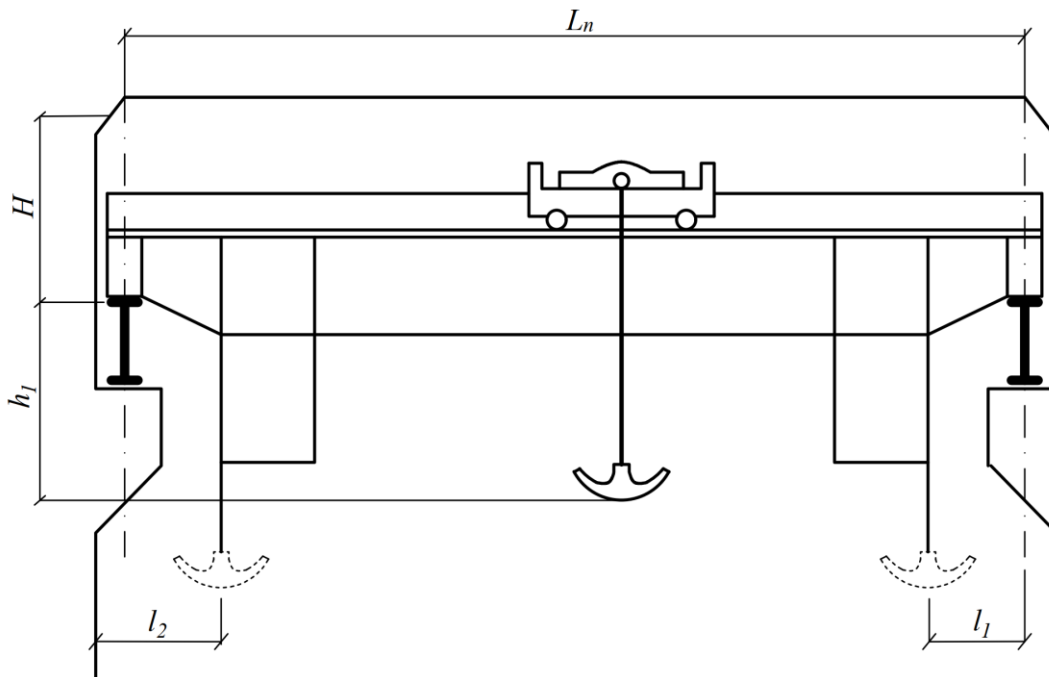


Рис. 2.7. Схема улаштування крана мостового електричного вантажопідйомністю 5 - 30 т

Таблиця 2.11

### Технічні характеристики кранів-мостових електричних

Вантажо- підйомність, т	Прольот, $L_n$ , м	Розміри, мм				Потужність двигуна, кВт	Маса крана, кг
		$H$	$h_1$	$B$	$C$		
5	11 - 32	1650	50	5000-6000	3500-5000	2,7	13,6 -33,3
10	10,5 - 34,5	1900	500	5508-5802 5600	4400-5000 4400	7,5	17 -34,9
15	11 - 26	2300	600			5	20,5 -34,4

#### **Конструкції і стандартні розміри частин будівлі насосної станції**

*Підземна частина.* У підземній частині можуть розміщуватися: машинна зала, водоприймальні сіточні камери, приймальні резервуари насосних станцій водовідведення. Якщо максимальний рівень ґрунтових вод розташований нижче рівня підлоги машинної зали, то підземна частина насосних станцій (окрім станцій водовідведення) виконується як у звичайних промислових будівель: з роздільними фундаментами під насосне обладнання і під будівельні конструкції. При ґрунтових водах вище рівня підлоги підземна частина може бути блочною або камерною.

*Блочна конструкція* являє собою масивний бетонний блок в фундаменті насосної станції, в якому влаштовані труби насосів. Така конструкція застосовується при встановленні потужних вертикальних відцентрових і осьових насосів.

*За камерного типу будівлі* її підземна частина виконується у вигляді відносно тонкої камери. При цьому фундаменти насосів спираються на несуче днище камери.

Товщину стін і днища камери в першому наближенні належить брати рівною 0,1 максимального напору води або ґрунту, який діє на конструкцію в розглядуваному перерізі.

Підземну частину будівлі виконують з гідротехнічного бетону. Зовнішню поверхню стін підземної частини насосної станції покривають гідроізоляцією до відмітки на 0,5 м вище рівня ґрунтових вод. Розміри підземної частини великих насосних станцій треба брати кратними 3 м.

Якщо насосну станцію проєктують заглибленою, то мінімально допустиме заглиблення становитиме:

$$H_{\text{загл}} \geq h_{\text{об}} + 0,5 + h_2 + h_c + h_1 + H + H_N + H, \quad (2.14)$$

де  $h_{\text{об}}$  – висота встановленого обладнання, через яке треба переносити вантаж; 0,5 м – відстань між вантажем і обладнанням;  $h_2$  – висота вантажу, який переноситься;  $h_c$  – висота строповки, беруть 0,5 - 1 м;  $h_1 + H$  – розміри підйомно-транспортного обладнання за максимального підняття крюка;  $H_N$  – висота підкранового шляху (0,3 м);  $H_n$  – висота перекриття (0,1 - 0,2 м).

Якщо заглиблення машинної зали не дозволяє розмістити в ньому підйомне обладнання, то приймають напівзаглиблений тип будівлі.

Висоту верхньої будівлі зазвичай визначають окремо для машинної зали і для допоміжних приміщень. Висоту верхньої будівлі над машинною залю розраховують за формулами:

$$H_{\text{верх}} \geq h_{\text{мп}} + 0,5 + h_2 + h_c + H + 0,1, \quad (2.15)$$

або:

$$H_{\text{верх}} \geq h_{\text{мп}}^1 + 0,5 + h_2 + h_c + h_1 + H + H_N, \quad (2.16)$$

де  $h_{mp}$  – навантажувальна висота платформи автомобіля (табл. 2.7);  
 $h_{mp}^1$  – висота інвентарного візка (0,15 - 0,3 м).

Висоту верхньої будови  $H_{верх}$  округлюють до найближчої стандартної: 3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 7,2; 8,4; 10,8 м.

За наявності мостового крана в машинній залі або висоти несущих стін понад 6 м рекомендується застосовувати каркасну конструкцію будівлі. В інших випадках можливі каркасні і безкаркасні конструкції з несучими стінами з цегли.

Прольоти будівель призначають рівними 6, 9, 12, 15, 18, 21 і 24 м. Для покриття будівель рекомендується застосовувати збірні залізобетонні плити. Покрівлю виконують з рулонних матеріалів з шаром утеплювача. Площу вікон з природним освітленням беруть не менше 12,5 % від площі підлоги.

## 2.12. Розрахунок об'єму РЧВ

Резервуари чистої води (РЧВ) застосовують для зберігання запасів води на господарсько-питні, протипожежні, технологічні та аварійні потреби населеного пункту.

Зазвичай РЧВ розташовують на майданчику очисних споруд водопостачання, після очисних споруд перед насосною стацією другого підйому.

Об'єм резервуарів необхідно розраховувати на час перебування води в них до 48 год. Допускається час перебування води в РЧВ збільшувати до 3 - 4 діб за умови застосування циркуляційних насосів. Щоб вода в резервуарах не застоювалась впуск води в резервуар слід передбачати з однієї сторони, а випуск з іншої.

В резервуарах для забору води на господарсько-питні потреби застосовуються окремі труби. Також окремо використовуються труби для випорожнення і промивки резервуару. У резервуарі обов'язково слід передбачити заходи зі збереження протипожежного запасу води.

Для забезпечення надійності роботи необхідно влаштовувати мінімум два однакових резервуари. Запас води в резервуарах, у тому числі протипожежний, розподіляють у резервуарах порівну.

Повний запас води в РЧВ розраховують за залежністю:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{ос} + W_{пож}, \quad (2.17)$$

де  $W_{рег}$  – регулюючий об’єм резервуару, м<sup>3</sup>, який визначають на основі суміщення графіків подачі води насосною станцією першого підйому (рівномірна подача протягом доби) і графіка подачі води споживачам насосною станцією другого підйому;  $W_{ос}$  – об’єм води на власні потреби станції водопідготовки (беруть у межах 3 - 14 % максимального добового об’єму води);  $W_{пож}$  – протипожежний об’єм води, який розраховують за залежністю:

$$W_{пож} = T_n(3,6q_n - Q_1) + W_{зосп}, \quad (2.18)$$

де  $T_n = 3$  год – розрахунковий час гасіння пожежі;  $q_n$  – пожежна витрата, приймається за [1, табл. 3];  $Q_1$  – годинна подача води в РЧВ насосною станцією першого підйому, м<sup>3</sup>/год;  $W_{зосп}$  – об’єм води, м<sup>3</sup>, за три суміжні години найбільшого водоспоживання міста (беруть з таблиці погодинного водоспоживання).

Стандартний об’єм і розміри резервуарів наведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Об’єм	Розміри, м		
	Довжина	Ширина	Глибина води
300	15	6	3,64
500	12	12	3,64
1000	24	12	3,64
1500	18	18	4,84
2000	24	18	4,84
2500	30	18	4,84
3000	27	24	4,84
4000	36	24	4,84
5000	30	36	4,84

Приймаємо 2 стандартних однакових РЧВ.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 74:2013. – [Чинний від 01.01.2014]. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 172 с.
2. Кондусь В.Ю. Лопатеві насоси: навчальний посібник / В.Ю. Кондусь, О.І. Костенко. – Суми: Сумський державний університет, 2021. – 293 с.
3. Омельченко О.В. Гідравлічні машини: навч. посібник / О.В. Омельченко, Л.О. Цівркун. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. – 100 с.
4. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини: підручник. – Львів: «Магнолія плюс», видавець В.М. Піча, 2004. – 340 с.
5. Залуцкий Э.В. Насосные станции. Курсовое проектирование / Э.В. Залуцкий, А.И. Петрухно. – К.: Вища шк. Главное изд-во, 1987. – 167 с.
6. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
7. Карелин В.Я. Насосы и насосные станции: учеб. для вузов. / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.

## ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1

**Процентний розподіл добових витрат за годинами залежно від коефіцієнта годинної нерівномірності**

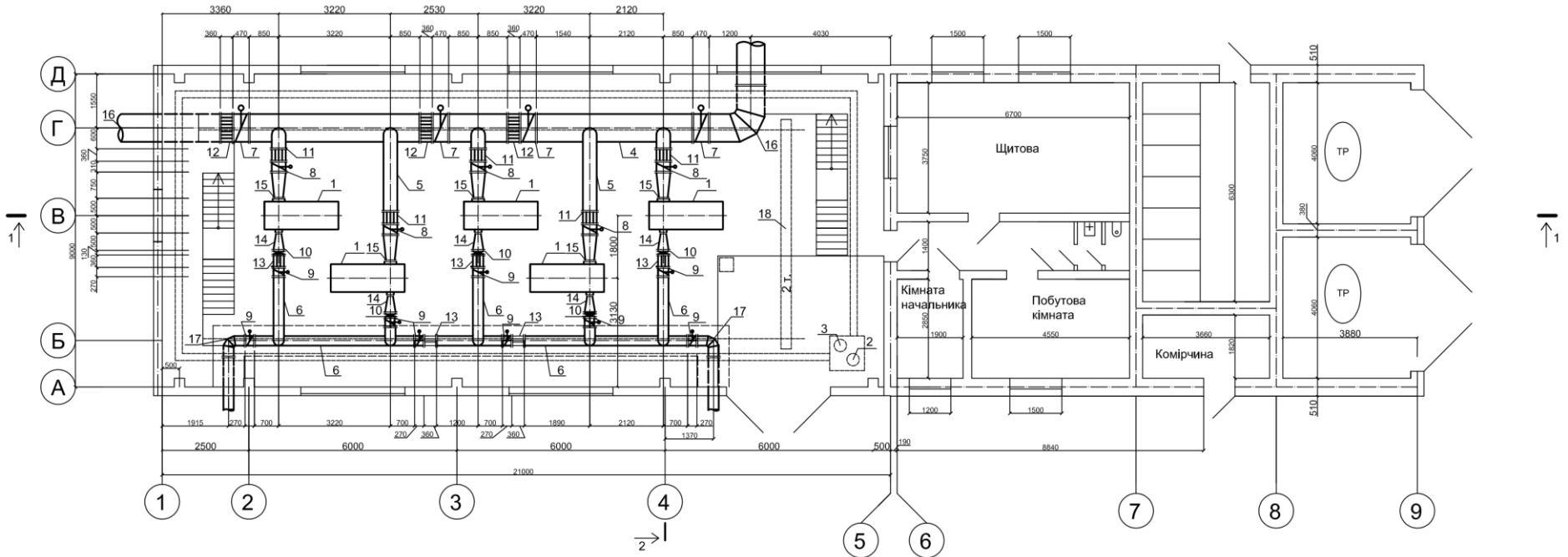
Години доби	Процентний розподіл добової витрати залежно від $K_2$								
	1,25	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0
0-1	3,25	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75
1-2	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75
2-3	3,3	2,5	2,2	1,85	1,5	1,0	0,9	0,85	1,0
3-4	3,2	2,6	2,25	1,9	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
4-5	3,25	3,5	3,2	2,85	2,5	2,0	1,35	2,7	3,0
5-6	3,4	4,1	3,9	3,7	3,5	3,0	3,85	4,7	5,5
6-7	3,95	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,2	5,35	5,5
7-8	4,45	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5
8-9	5,2	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5
9-10	5,05	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5
10-11	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5,0	5,5	6,0
11-12	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5
12-13	4,6	4,4	4,6	4,8	5,0	7,0	7,5	7,9	8,5
13-14	4,55	4,1	4,4	4,7	5,0	7,0	6,7	6,35	6,0
14-15	4,75	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5,0
15-16	4,7	4,4	4,6	5,3	6,0	4,5	4,65	4,8	5,0
16-17	4,65	4,3	4,9	5,45	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5
17-18	4,35	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5
18-19	4,4	4,5	4,7	4,85	5,0	6,5	6,3	6,2	6,0
19-20	4,3	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,35	5,7	6,0
20-21	4,3	4,5	4,4	4,2	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
21-22	4,2	4,8	4,2	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
22-23	3,75	4,6	3,7	2,85	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
23-24	3,7	3,3	2,7	2,1	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Усього:	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблиці для гідравлічного розрахунку сталевих водопровідних труб

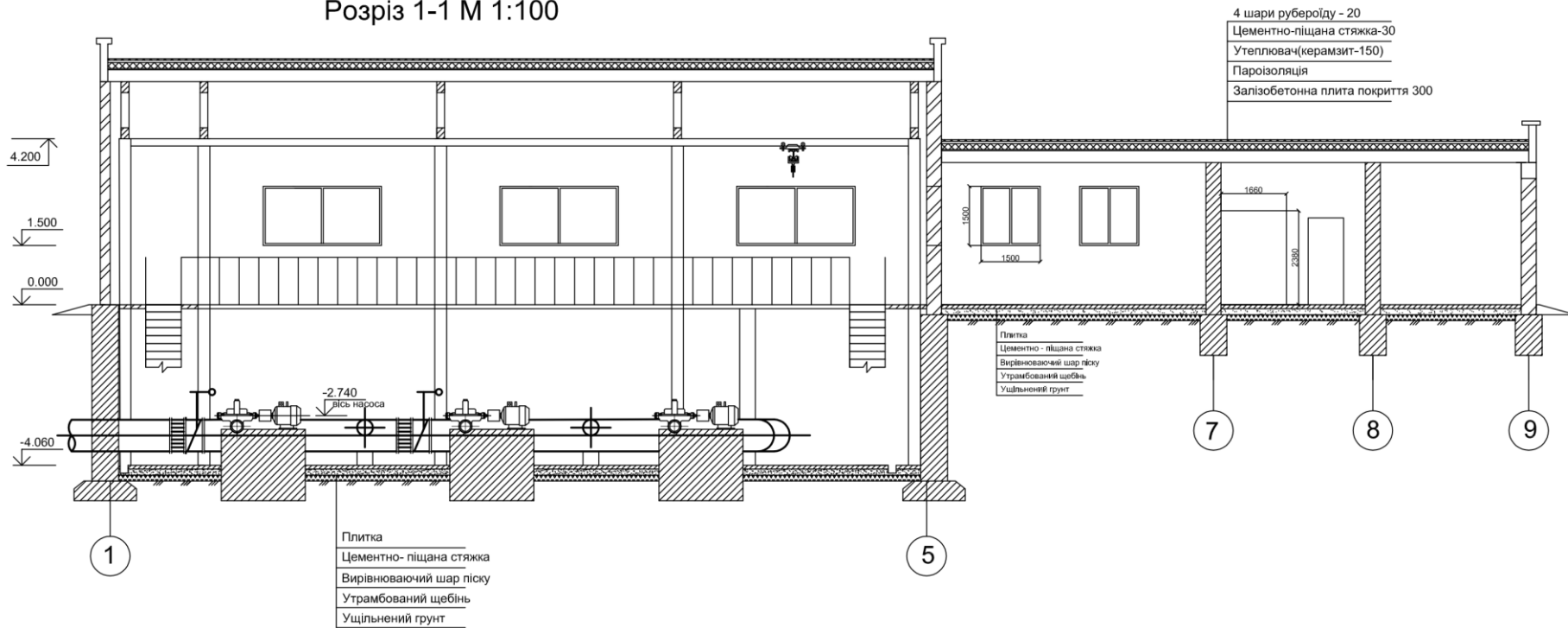
$Q, \text{л/с}$	$d=150 \text{ мм}$		$d=200$		$d=250$		$d=300$		$d=400$		$d=500$		$d=600$		$d=800$		$d=1000$	
	$V, \text{м/с}$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$	$V$	$1000i$
16,0	0,82	8,3	0,47	2,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	0,92	10,3	0,52	2,57	0,52	2,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0	1,02	12,6	0,58	3,12	0,28	1,07	0,26	7,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,0	1,28	19,2	0,73	4,69	0,47	1,59	0,33	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30,0	1,53	26,7	0,87	6,56	0,56	2,22	0,40	0,92	0,22	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-
35,0	1,79	37,5	1,02	8,73	0,66	2,94	0,46	1,21	0,26	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
40,0	2,04	49,0	1,17	11,2	0,75	3,75	0,53	1,55	0,30	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-
45,0	2,30	62,1	1,31	14,1	0,85	4,66	0,59	1,91	0,33	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-
50,0	2,55	76,6	1,46	17,4	0,94	5,67	0,66	2,32	0,37	0,57	0,24	0,20	-	-	-	-	-	-
60,0	-	-	1,75	25,0	1,13	7,96	0,79	3,24	0,47	0,79	0,29	0,27	-	-	-	-	-	-
70,0	-	-	2,04	34,1	1,32	10,7	0,92	4,31	0,52	1,04	0,34	0,35	-	-	-	-	-	-
80,0	-	-	2,33	44,5	1,51	14,0	1,05	5,53	0,59	1,33	0,43	0,56	-	-	-	-	-	-
90,0	-	-	2,62	56,4	1,71	17,7	1,18	6,89	0,67	1,65	0,44	0,57	0,32	0,23	-	-	-	-
100,0	-	-	-	-	1,88	21,9	1,32	8,46	0,74	2,00	0,48	0,67	0,34	0,28	-	-	-	-
120,0	-	-	-	-	2,26	31,5	1,58	12,2	0,89	2,80	0,57	0,94	0,40	0,39	0,24	0,11	-	-
140,0	-	-	-	-	-	-	1,84	16,6	1,04	3,72	0,67	1,24	0,47	0,52	0,28	0,14	-	-
160,0	-	-	-	-	-	-	2,10	21,6	1,19	4,77	0,77	1,54	0,54	0,66	0,32	0,18	-	-
180,0	-	-	-	-	-	-	2,37	27,4	1,34	6,04	0,87	1,97	0,61	0,82	0,36	0,22	-	-
200,0	-	-	-	-	-	-	2,64	31,0	1,49	7,47	0,96	2,40	0,67	1,00	0,40	0,27	0,25	0,09
240,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,78	10,7	1,15	3,36	0,81	1,38	0,47	0,37	0,30	0,125
280,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,08	14,6	1,34	4,43	0,94	1,84	0,55	0,49	0,35	0,164
320,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,38	19,0	1,53	5,92	1,07	2,36	0,63	0,62	0,40	0,21
360,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,67	24,1	1,72	7,49	1,21	2,93	0,71	0,77	0,46	0,26
400,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	9,253	1,34	3,55	0,79	0,94	0,51	0,31
450,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,15	11,7	1,51	4,58	0,89	1,17	0,57	0,39
500,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,39	14,9	1,68	5,65	0,98	1,42	0,63	0,47
550,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,63	17,4	1,85	6,84	1,08	1,69	0,70	0,56
600,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,01	8,14	1,18	1,99	0,76	0,65
700,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,35	11,1	1,38	2,70	0,88	0,87
800,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,68	14,5	1,58	3,53	1,01	1,12

План на позначці 0.000 М 1:100

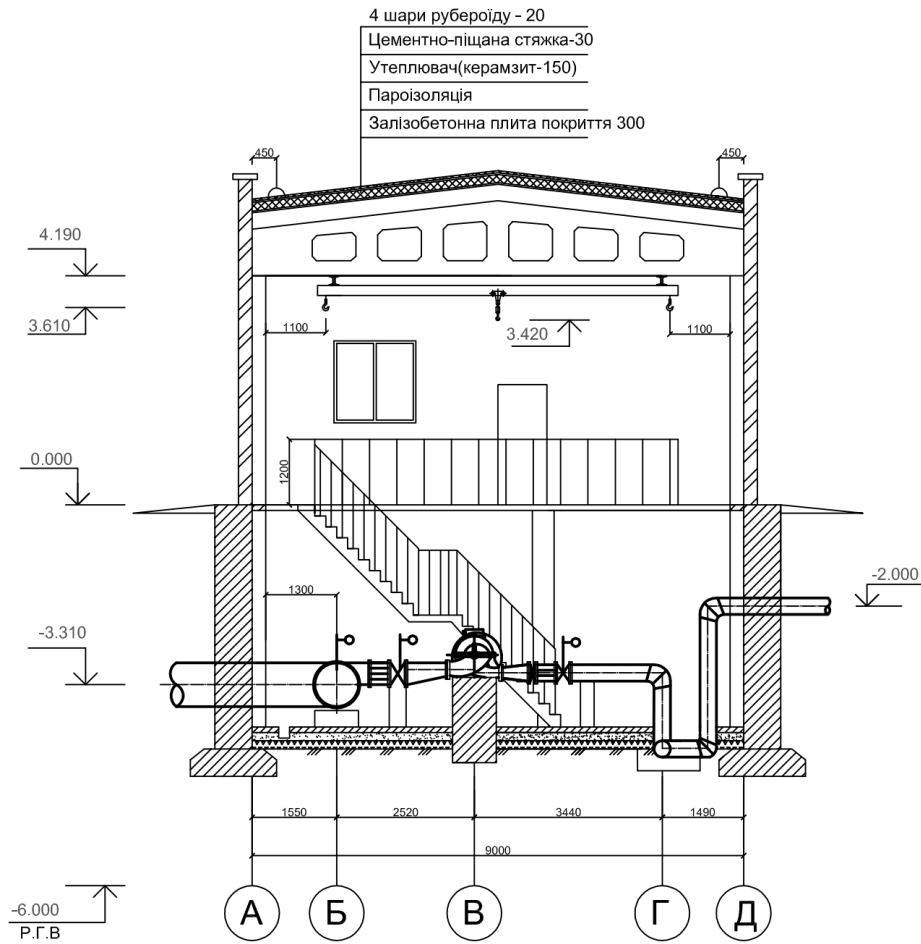
2 →



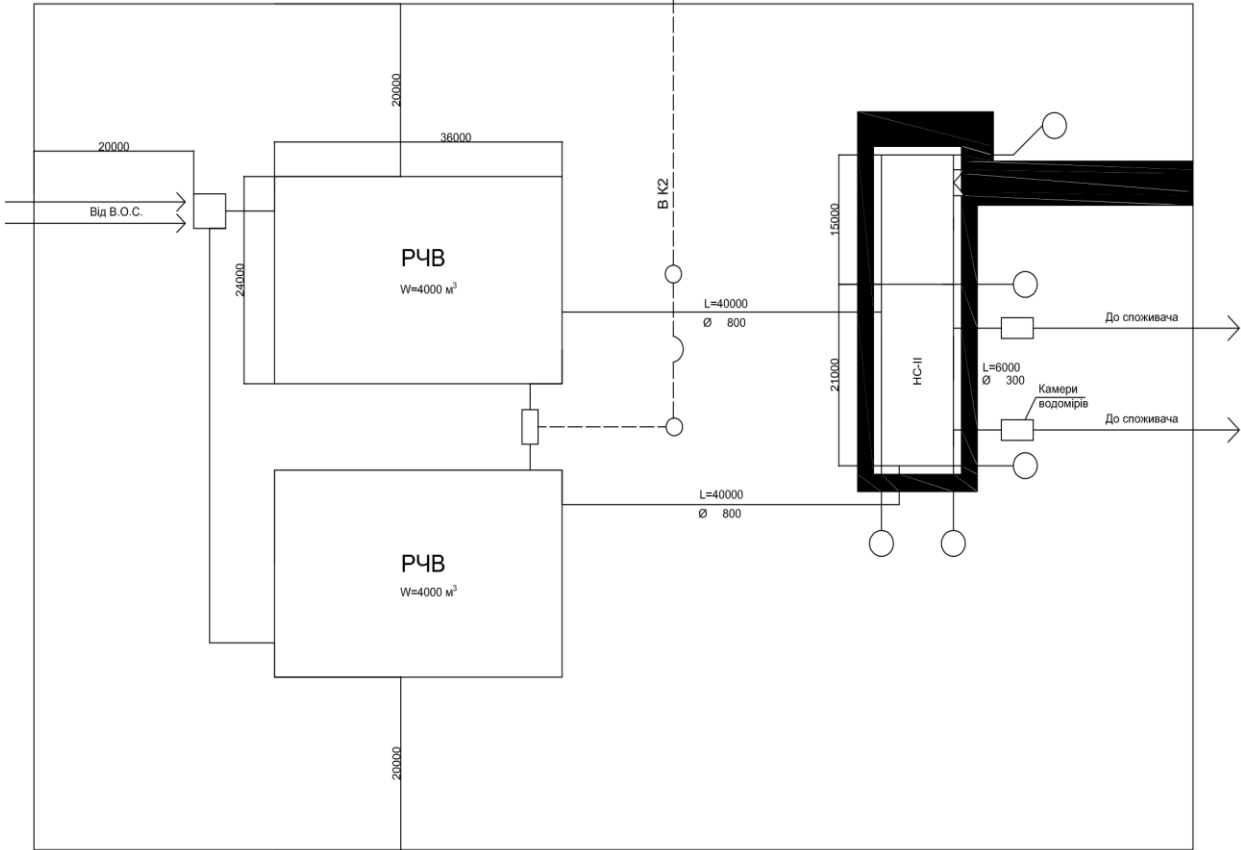
Розріз 1-1 М 1:100



### Розріз 2-2 М 1:100



Ситуаційний план М 1:500



Навчально-методичне видання

# **ГІДРАВЛІЧНІ ТА АЕРОДИНАМІЧНІ МАШИНИ. НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ**

Методичні вказівки  
до виконання курсового проєкту та контрольної роботи  
для студентів спеціальності  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
освітньої програми «Водопостачання та водовідведення»

Укладачі: **КРАВЧУК** Андрій Михайлович,  
**КРАВЧУК** Олександр Андрійович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*  
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 20.04.2023. Формат 60x84<sub>1/16</sub>  
Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 2,75.  
Електронний документ. Вид. № 28/III-23

Видавець і виготовлювач:  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.