

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет

О.Г. Добровольська

НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ  
Методичні вказівки до виконання курсового проекту  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньою  
(освітньо-професійною) програмою  
«Міські інженерні мережі»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол №\_ від  
\_2021 р.

Запоріжжя  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет

О.Г. Добровольська

**НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ**  
Методичні вказівки до виконання курсового проекту  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньою  
(освітньо-професійною) програмою  
«Міські інженерні мережі»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол №\_ від  
\_2021 р.

Запоріжжя  
2021

## **1. МЕТА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Головна мета курсового проекту - розширення та поглиблення отриманих самостійно та на лекціях теоретичних знань та виробка практичних навичок з методики технологічних та гідравлічних розрахунків, їх аналізу та оформленню, а також конструюванню основних елементів водопровідних та каналізаційних насосних станцій. В процесі виконання курсового проекту студент детально вивчає нормативну та довідкову літературу з курсу «Насосні та повітродувні станції».

## **2. ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Курсовий проект студент розробляє на підставі індивідуального завдання, в якому наводяться необхідні для проектування данні.

Якщо проектує насосну станцію розробляють в ув'язці з іншими елементами водопостачання або каналізації, то основою для її виконання є завдання на проектування водопровідної або каналізаційної мережі. При цьому частину даних, необхідних для проектування насосної станції, приймають за результатами розрахунку відповідних мереж.

## **3. СКЛАД ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Курсовий проект складається з графічної частини та розрахунково-пояснювальної записки.

Склад розрахунково-пояснювальної записки залежить від виду насосної станції. У випадку проектування водопровідної насосної станції вона повинна містити в собі такі розділи (в дужках вказана орієнтовна трудоемність повністю оформленого розділу, %):

- 3.1. Зміст (0,5).
- 3.2. Вступ (0,5).
- 3.3. Коротка характеристика умов забору та подачі води (1).
- 3.4. Визначення розрахункової подачі насосів насосної станції (10).
- 3.5. Визначення діаметрів всмоктуючих та напірних водоводів (5).
- 3.6. Визначення розрахункового напору насосів (2).
- 3.7. Підбір насосів та електродвигунів до них (10).
- 3.8. Розрахунок режиму насосної станції при пожежотушінні (5).
- 3.9. Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції (5).
- 3.10. Вибір запорно-запобіжної арматури та вимірювальних пристроїв (1).
- 3.11. Складання плану машинного залу насосної станції (10).
- 3.12. Визначення висоти машинного залу та підбір вантажопідйомного обладнання. (3).

- 3.13. Підбір вакуум-насосів та іншого допоміжного обладнання (2).
- 3.14. Аналіз режиму роботи насосів та уточнення її робочих характеристик (10)
- 3.15. Розрахунок потужності трансформаторної підстанції та компоновка розподільчих пристроїв (3).
- 3.16. Особливості будівельної частини споруди насосної станції (2).
- 3.17. Техніко-економічні показники насосної станції (2).
- 3.18. Список використаної літератури (1).

Для каналізаційних насосних станцій замість п.3.3. повинен бути підрозділ «Коротка характеристика умов водовідведення та перекачування стоків», замість п.3.8. - підрозділ «Визначення місткості та обладнання приймального резервуару».

Обсяг пояснювальної записки - 30-35 с.

Графічну частину курсового проекту виконують на одному листі формату А1, вона повинна містити:

- план насосної станції;
- поздовжній розріз насосної станції;
- поперечний розріз насосної станції;
- аксонометричну схему технологічних трубопроводів;
- експлікацію основного обладнання.

Трудоємність графічної частини 27 %.

## **4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО РОЗРОБЦІ ПРОЕКТУ**

### **4.1. Коротка характеристика умов забору та подачі води або умов водовідведення та перекачування стоків.**

На підставі завдання на проектування необхідно дати загальну характеристику насосної станції, що проектується: вказати її призначення, тип, подачу, категорію надійності, місце розташування, умови енергопостачання, тощо

Крім цього, для водопровідних насосних станцій необхідно охарактеризувати умови водоспоживання та привести таблицю розподілу годинних витрат для заданого коефіцієнту годинної неравномірності, а при проектуванні каналізаційної насосної станції - таблицю притоку стічних вод до приймального резервуару.

### **4.2. Визначення розрахункової подачі насосів насосної станції**

Годинна подача насосної станції залежить від режиму її роботи.

Насосні станції I підйому та більшість виробничих водопровідних та каналізаційних станцій працюють в рівномірному режимі, тому середню годинну подачу таких станцій визначають за формулою:

$$Q_{н.ст.} = 0,0417 Q_{доб.}, \quad (4.1.)$$

де  $Q_{н.ст.}$  та  $Q_{доб.}$  - відповідно годинна (м<sup>3</sup>/год.) та добова (м<sup>3</sup>/доб.) подачі насосної станції.

Розрахункову подачу насосів насосної станції II підйому визначають на підставі сполученого графіку водоспоживання міста та подачі води насосами.

Графік водоспоживання міста будується у залежності від заданого коефіцієнту годинної нерівномірності. Розподіл витрат води за годинами доби приймається за табл.4.1.

За побудованим графіком водоспоживання міста призначають число ступінів роботи насосної станції. При цьому необхідно враховувати, що:

- число ступінів подачі, як правило, повинно бути не більше трьох;
- насоси насосної станції бажано мати однакові, а подачу доцільно регулювати паралельним підключенням до працюючого насосу (або групи насосів) такого ж насосу (або групи насосів);
- сумарна подача насосів, працюючих паралельно на загальну мережу, менша, ніж сума подач цих же насосів при їх роздільній роботі;
- графік подачі насосної станції повинен бути по можливості ближчим до графіку водоспоживання (для зменшення регулюючої місткості баку водонапірної башти);
- сумарна подача всіх ступенів за добу повинна складати 100 %.

На підставі графіку водоспоживання міста та прийнятого графіку подачі води насосами будують сполучений графік.

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня:

$$Q_{ин.ст.} = Q_{доб.} P_i / 100, \quad (4.2.)$$

де  $P_i$  та  $Q_{ин.ст.}$  - подача  $i$ -ого ступеня насосної станції у відсотках  $Q_{доб.}$  та м<sup>3</sup>/год, відповідно.

На підставі розрахункових годинних подач з урахуванням наведених міркувань намічають потрібну кількість працюючих насосів для кожного ступеня.

Розрахункову годинну подачу каналізаційної насосної станції звичайно приймають рівною максимальному годинному притоку стічних вод, який

визначається за табл.4.1. у відповідності з заданим коефіцієнтом годинної нерівномірності. Для забезпечення нормальної роботи в години середнього та мінімального притоків необхідно порівняти приток стоків в ці години з притоком у максимальну годину. На підставі порівняння намічають кількість насосних агрегатів на станції.

Подача одного насосу може бути прийнята рівною або більшою за витрату стоків у години мінімального притоку. У години середнього та максимального притоків подачу насосної станції приймають кратною подачі насосу, прийнятого для години мінімального притоку. При цьому необхідно прагнути, щоб насоси були однаковими, а їх кількість не перевищувала трьох-чотирьох. Різні насоси можуть передбачатися у крайніх випадках при великій нерівномірності притоку.

Таблиця 4.1. - Розподіл витрат води по годинам діб на господарчо-питні потреби населення міста

| Години діб | Годинна витрата (відсоток добового) при коефіцієнті годинної нерівномірності |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1,2                                                                          | 1,25 | 1,3  | 1,35 | 1,4  | 1,45 | 1,5  | 1,8  | 1,9  | 2    |
| 0-1        | 3,5                                                                          | 3,35 | 3,2  | 3    | 2,5  | 2    | 1,5  | 0,9  | 0,85 | 0,75 |
| 1-2        | 3,45                                                                         | 3,25 | 3,25 | 3,2  | 2,65 | 2,1  | 1,5  | 0,9  | 0,85 | 0,75 |
| 2-3        | 3,45                                                                         | 3,3  | 2,9  | 2,5  | 2,2  | 1,85 | 1,5  | 0,9  | 0,85 | 1    |
| 3-4        | 3,4                                                                          | 3,2  | 2,9  | 2,6  | 2,25 | 1,9  | 1,5  | 1,0  | 1    | 1    |
| 4-5        | 3,4                                                                          | 3,25 | 3,25 | 3,5  | 3,2  | 2,85 | 2,5  | 2,35 | 2,7  | 3    |
| 5-6        | 3,55                                                                         | 3,4  | 3,75 | 4,1  | 3,9  | 3,7  | 3,5  | 3,85 | 4,7  | 5,5  |
| 6-7        | 4                                                                            | 3,85 | 4,15 | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 5,2  | 5,35 | 5,5  |
| 7-8        | 4,4                                                                          | 4,45 | 4,65 | 4,9  | 5,1  | 5,3  | 5,5  | 6,2  | 5,85 | 5,5  |
| 8-9        | 5                                                                            | 5,2  | 5,05 | 4,9  | 5,35 | 5,8  | 6,25 | 5,5  | 4,5  | 3,5  |
| 9-10       | 4,8                                                                          | 5,05 | 5,4  | 5,6  | 5,85 | 6,05 | 6,25 | 4,85 | 4,2  | 3,5  |
| 10-11      | 4,7                                                                          | 4,85 | 4,85 | 4,9  | 5,35 | 5,8  | 6,25 | 5    | 5,5  | 6,0  |
| 11-12      | 4,55                                                                         | 4,6  | 4,6  | 4,7  | 5,25 | 5,7  | 6,25 | 6,5  | 7,5  | 8,5  |
| 12-13      | 4,55                                                                         | 4,6  | 4,5  | 4,4  | 4,6  | 4,8  | 5    | 7,5  | 7,9  | 8,5  |
| 13-14      | 4,45                                                                         | 4,55 | 4,3  | 4,1  | 4,4  | 4,7  | 5    | 6,7  | 6,35 | 6    |
| 14-15      | 4,6                                                                          | 4,75 | 4,4  | 4,1  | 4,6  | 5,05 | 5,5  | 5,35 | 5,2  | 5    |
| 15-16      | 4,6                                                                          | 4,7  | 4,55 | 4,4  | 4,6  | 5,3  | 6    | 4,65 | 4,8  | 5    |
| 16-17      | 4,6                                                                          | 4,65 | 4,5  | 4,3  | 4,9  | 5,45 | 6    | 4,5  | 4    | 3,5  |
| 17-18      | 4,3                                                                          | 4,35 | 4,25 | 4,1  | 4,8  | 5,05 | 5,5  | 5,5  | 4,5  | 3,5  |
| 18-19      | 4,35                                                                         | 4,4  | 4,45 | 4,5  | 4,7  | 4,85 | 5    | 6,3  | 6,2  | 6    |
| 19-20      | 4,25                                                                         | 4,3  | 4,4  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 5,35 | 5,7  | 6    |
| 20-21      | 4,25                                                                         | 4,3  | 4,4  | 4,5  | 4,4  | 4,2  | 4    | 5    | 5,5  | 6    |
| 21-22      | 4,15                                                                         | 4,2  | 4,5  | 4,8  | 4,2  | 3,6  | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 22-23      | 3,9                                                                          | 3,75 | 4,2  | 4,6  | 3,6  | 2,85 | 2    | 2    | 2    | 2    |
| 23-24      | 3,8                                                                          | 3,7  | 3,5  | 3,3  | 2,6  | 2,1  | 1,5  | 1    | 1    | 1    |
| Всього     | 100                                                                          | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |

При визначенні кількості насосів насосних станцій слід враховувати, що в більшості практичних випадків для групи з трьох однакових насосів з відключенням одного насосу подача кожного із zostавшихся збільшується на 6-10 %, а при відключенні двох насосів подача zostавшогося збільшується на 13-16 %.

#### 4.3. Визначення діаметрів всмоктуючих та напірних водоводів

Кількість всмоктуючих ліній на водопровідних насосних станціях I та II категорії [1] незалежно від кількості груп насосів, включаючи пожежні, повинна бути не менш двох. При виключенні однієї лінії решта повинна бути розрахована на пропуск повної розрахункової витрати для насосних станцій I та II категорії та 70% розрахункової витрати - для III категорії. Влаштування однієї всмоктуючої лінії допускається для насосних станцій III категорії або протипожежних насосних станцій при установці одного робочого протипожежного насосу.

Розрахункова витрата кожного із всмоктуючих водоводів для водопровідних насосних станцій I та II категорії визначається за формулою:

$$Q_{вс.в.} = Q_{max.н.ст} / (n_{вс.} - 1), \quad (4.3.)$$

для насосних станцій III категорії:

$$Q_{вс.в.} = 0,7 Q_{max.н.ст} / (n_{вс.} - 1), \quad (4.4.)$$

де  $Q_{max.н.ст}$  - максимальна подача насосної станції, л/с;  
 $n_{вс.}$  - кількість всмоктуючих водоводів.

У каналізаційних насосних станціях до кожного насосу передбачається окрема всмоктуюча лінія, розрахункова витрата якої дорівнює максимальній розрахунковій подачі насосу.

Діаметри всмоктуючих водоводів визначають з урахуванням пропуску витрати  $Q_{вс.в.}$ , при таких швидкостях, м/с:

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| при діаметрі труб до 250 мм.         | $V = 0,6 - 1,0;$ |
| при діаметрі труб від 300 до 800 мм. | $V = 0,8 - 1,5;$ |
| при діаметрі труб більше 800 мм.     | $V = 1,2 - 2,0.$ |

Якщо розрахунковий діаметр всмоктування водоводів перевищує 1200 мм., необхідно збільшити їх кількість.

Число напірних водоводів від насосної станції також повинно бути не менш двох. Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів:

$$Q_{н.в.} = Q_{max.н.ст} / n_{н.}, \quad (4.5.)$$

де  $n_{н.}$  - кількість напірних водоводів.

При призначенні діаметру напірних водоводів необхідно враховувати велику різноманітність факторів, які визначають економічність системи

вцілому. Для цього визначають економічний фактор за наступними формулами:

для сталевих труб:

$$E_{\phi} = 3970 \sigma \gamma / \epsilon , \quad (4.6.)$$

для чавунних:

$$E_{\phi} = 3730 \sigma \gamma / \epsilon , \quad (4.7.)$$

для азбестоцементних:

$$E_{\phi} = 3570 \sigma \gamma / \epsilon , \quad (4.8.)$$

для пластмасових:

$$E_{\phi} = 3560 \sigma \gamma / \epsilon , \quad (4.9.)$$

де  $\sigma$  - вартість 1 кВт.г. електроенергії;

$\epsilon$  - коефіцієнт, який залежить від матеріалу труб, та приймається за табл. 4.2.;

$\gamma$  - коефіцієнт нерівномірності витрачання електроенергії, який визначається для середніх умов за формулою:

$$\gamma = 0,56 / K^3_{\Gamma} , \quad (4.10.)$$

де  $K^3_{\Gamma}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності по завданню.

Таблиця 4.2. - Значення коефіцієнту  $\epsilon$

| Тип труб для водоводів | Клас труб | Значення коефіцієнту $\epsilon$ |
|------------------------|-----------|---------------------------------|
| Сталеві                | -         | 53                              |
| Чавунні                | ЛА, А, Б  | 107                             |
| Азбестоцементні        | ВТ-6      | 54                              |
|                        | ВТ-9      | 78                              |
|                        | ВТ-12     | 85                              |
| Пластмасові            | СЛ        | 150                             |
|                        | С         | 210                             |
|                        | Т         | 306                             |

На підставі вирахованого значення економічного фактору  $E_{\phi}$  та прийнятого типу труб визначається діаметр водоводів [2]. Якщо значення  $E_{\phi}$  відрізняється від прийнятих табличних значень  $E_m$ , то діаметр водоводів визначається за приведеною витратою:

$$Q_{np.} = Q_{н.в.} \sqrt[3]{E_{\phi} / E_m} , \quad (4.11.)$$

Трубопроводи усередині насосних станцій необхідно приймати із сталевих труб.

Діаметр напірних трубопроводів усередині насосних станцій визначається з урахуванням припустимих швидкостей руху води у них, які приймаються для діаметрів до 250 мм. рівними 0,8-2,0 м/с., для діаметрів від 300 до 800 мм. - 1,0-3,0 м/с., для діаметрів більше 800 мм. - 1,5 - 4,0 м/с.

#### 4.4. Визначення розрахункового напору насосів

Так як до компоновки обладнання точні втрати напору у комунікаціях насосної станції визначити неможливо, то для попередніх розрахунків потрібний напір насосів визначається за формулою:

$$H_p = H_r + h_k + h_e + h_z, \quad (4.12.)$$

де  $H_r$  - геометрична висота підйому;

$h_k$  - сумарні втрати напору у всмоктуючих та напірних комунікаціях насосної станції, які приймаються для попередніх розрахунків водопровідних насосних станцій 2,0-3,0 м., каналізаційних насосних станцій - 1,0-2,0 м.;

$h_e$  - втрати напору у водоводах при максимальній подачі насосної станції;

$h_z$  - запас на вилив з напірного трубопроводу, рівний 1 м.

Геометрична висота підйому:

$$H_r = Z_2 - Z_1, \quad (4.13.)$$

де  $Z_2$  - абсолютна максимальна позначка підйому води (приймається по завданню на проєктування), м.;

$Z_1$  - абсолютна розрахункова позначка у резервуарі чистої води для випадку максимального водоспоживання або в приймальному резервуарі для каналізаційних насосних станцій (приймається по завданню на проєктування).

Втрати напору у водоводах при максимальному водоспоживанні для водопровідних насосних станцій або максимальному водовідведенні для каналізаційних насосних станцій визначаються за формулою:

$$h = 1,1 i l = 1,1 \delta S_o l Q_p^2, \quad (4.14.)$$

де  $i$  - питомі втрати напору [3];

$l$  - довжина водоводу (по завданню), м.;

$\delta$  - коефіцієнт, який враховує неквадратичність залежності втрат напору у трубопроводах від витрати [3];  
 $S_o$  - питомий опір труб [3];  
 $Q_p$  - розрахункова витрата по трубопроводу.

Оскільки із змінням подачі насосів при їх ступінчатій роботі будуть змінюватися втрати напору у водоводах потрібний напір насосів, необхідно визначити для кожного ступеня.

#### 4.5. Підбір насосів та електродвигунів до них

Для водопровідних та каналізаційних станцій насоси необхідно підбирати для всіх ступенів подачі. Підбирають їх на підставі витрат, які визначаються за формулами (4.1.) та (4.2.), та напорів, які встановлені за формулою (4.12.), за допомогою каталогів [4,5].

Деякі типи насосів можуть бути підібрані за графіками, які приведені у посібнику [2].

Користуючись зведеними характеристиками, за витратами та напорами кожного ступеня визначають марку насосу, який забезпечує розрахункові параметри.

При підборі насосів необхідно керуватися наступним:

- насос, який приймається, при забезпеченні розрахункової подачі та напору повинен мати по можливості максимальний ККД, найменші масу та габаритні розміри;
- намічені ступені подачі бажано забезпечувати однаковими насосами шляхом їх паралельного включення;
- якщо робоча точка не попадає в поле зведеного графіку полів  $Q-H$  насосів, то приймають насос, поле якого розташовано вище та правіше розрахункової точки, з наступним перерахунком характеристик обраного насосу за формулами подібності на необхідну подачу та напір з урахуванням даних табл.4.3.

Таблиця 4.3. - Нормальна частота обертів електродвигунів

| Число пар полюсів | Частота обертів двигуна, об/хвил. |              |
|-------------------|-----------------------------------|--------------|
|                   | сінхронного                       | асінхронного |
| 1                 | 3000                              | 2890 - 2970  |
| 2                 | 1500                              | 1450 - 1480  |
| 3                 | 1000                              | 970 - 985    |
| 4                 | 750                               | 730 - 735    |
| 5                 | 600                               | 585 - 590    |

Після визначення марки насосів за зведеними характеристиками необхідно знайти у каталозі обрані насоси та перенести на кальку їх характеристики та розміри.

Загальна кількість насосів на насосній станції повинна визначатися з урахуванням резервних агрегатів, число яких залежить від заданого класу надійності станції.

Електродвигуни підбираються на підставі потужності та частоти обертів робочого колеса насосу. Потужність насосу:

$$P_n = \rho g QH / (1000 \eta_n) , \quad (4.15.)$$

де  $\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>;  
 $Q$  - подача насосу, м<sup>3</sup>/с;  
 $H$  - напір насосу, м;  
 $\eta_n$  - ККД насосу при подачі  $Q$ .

Потужність приводного двигуна:

$$P = kP_n / \eta_n , \quad (4.16.)$$

де  $k$  - коефіцієнт запасу, який враховує можливі перевантаження та приймається за табл.4.4.;

$\eta_n$  - ККД передачі (при безпосередньому з'єднанні валу насосу та електродвигуна,  $\eta_n = 1$ ).

Таблиця 4.4. - Значення коефіцієнту запасу  $K$ 

|                            |      |         |           |           |               |      |
|----------------------------|------|---------|-----------|-----------|---------------|------|
| Потужність<br>двигуна, кВт | 1- 2 | 2 -10   | 10 -50    | 50 - 100  | 100 -<br>200  | 200  |
| Коефіцієнт<br>запасу       | 2    | 2 - 1,3 | 1,3 - 1,2 | 1,2 - 1,1 | 1,1 -<br>1,05 | 1,05 |

Потужність, визначену за формулою 4.16., зрівнюють з потужністю комплектуючого двигуна обраного насосу. Потужність та тип комплектуючого двигуна наведено у каталогах насосів. У випадку значної різниці цих потужностей, а також тоді, коли розрахункова потужність перевищує потужність комплектуючого двигуна, який рекомендується, за каталогами або довідникам обирають двигун більшої потужності та з частотою обертів, близькою до частоти обертів насосу. Встановочне креслення обраного двигуна переносять на кальку та наводять у пояснювальній записці.

#### 4.6. Розрахунок режиму насосної станції при пожежогасінні

Розрахункова подача насосної станції при пожежі, л/с.

$$Q'_{н.ст.} = Q_{н.ст.} + Q_n, \quad (4.17)$$

де  $Q_{н.ст.}$  - розрахункова секундна подача насосної станції у годину максимального водоспоживання, визначена за формулою (4.2.);  
 $Q_n$  - розрахункова витрата на пожежогасіння (за завданням).

Потрібний напір насосів при пожежі:

$$H'_p = Z_{н.т.} + H_{віль} + h_{в.п.} + h_{м.п.} - Z_p, \quad (4.18)$$

де  $Z_{н.т.}$  - абсолютна позначка невідгідної точки при пожежі (за завданням);  
 $H_{віль}$  - вільний напір у невідгідній точці при пожежі,  $H_{віль} = 10$  м.;  
 $h_{в.п.}$  - втрати напору у водоводах при пожежі, які визначаються за формулою (4.14) при подачі по ним витрати  $Q'_{н.ст.}$ ;  
 $h_{м.п.}$  - втрати напору у мережі при пожежі від невідгідної точки до точки підключення водоводів до мережі (за завданням);  
 $Z_p$  - абсолютна позначка дна резервуару чистої води (за завданням).

Напір, визначений за формулою (4.18), необхідно порівняти з напором, який вирахований за формулою (4.12). Якщо  $H_p > H'_p$ , то режим роботи насосної станції при пожежі може бути забезпечений насосами, підібраними для максимального водоспоживання, за рахунок зниження їх напору. Якщо  $H_p = H'_p$ , то для забезпечення подачі збільшеної при пожежі витрати води до

паралельно працюючих насосів у випадку максимального водоспоживання необхідно підключити насоси того ж типарозміру. Якщо  $H_p < H'_p$ , то необхідно передбачити на станції протипожежні насоси, які забезпечували б подачу  $Q'_{н.ст.}$  при напорі  $H'_p$ . При цьому господарсько-питні насоси виключаються.

Насоси та електродвигуни протипожежних насосів підбираються з урахуванням вказівок, які приведені у п.4.5.

#### 4.7. Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції

Позначка осі насосу залежить від схеми його установки: під заливом або ні. Корпуси насосів насосних станцій II підйому слід розташовувати під заливом від верхнього розрахункового рівня пожежного запасу води у резервуарі при одній пожежі або під заливом середнього рівня пожежного запасу при двох або більше пожежах.

Насоси каналізаційних насосних станцій повинні встановлюватися під заливом.

При високому рівні підземних вод або при більшій глибині забору води насоси можуть встановлюватися не під заливом. Максимально можлива відмітка осі насосу в цьому випадку:

$$Z_n = Z_u + H_s, \quad (4.19.)$$

де  $Z_u$  - позначка розрахункового рівня води у джерелі (за завданням);  
 $H_s$  - максимально можлива геометрична висота всмоктування насосу,

$$H_s = H_{дон} - V_l^2/2g - h_{вс}, \quad (4.20)$$

де  $V_l$  - швидкість води на вході у насос;  
 $h_{вс}$  - втрати напору у всмоктуючій лінії насосу ( у курсовому проекті можна прийняти  $h_{вс} = 0,75$ -1м. (у реальних проєктах розраховуються);  
 $H_{дон}$  - допустима вакуумметрична висота всмоктування

$$H_{дон} = H_{вак}^{дон} - 10 + H_a + 0,24 - \varphi_t, \quad (4.21)$$

де  $H_{вак}^{дон}$  - допустима вакуумметрична висота підібраного насосу, вказана у каталозі насосів;  
 $H_a$  - атмосферний тиск у місцевості, де проєктується насосна станція (табл. 4.5.);  
 $\varphi_t$  - пружність насиченої пари рідини при температурі  $t$  (табл. 4.6.).  
Таблиця 4.5. - Пружність насиченої пари води

|                               |      |      |      |     |     |     |     |
|-------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Висота над рівнем моря        | 0    | 100  | 200  | 300 | 400 | 500 | 600 |
| Атмосферний тиск, мм. вод.ст. | 10,3 | 10,2 | 10,1 | 10  | 9,8 | 9,7 | 9,6 |

З урахуванням максимально можливої геометричної висоти всасування насосу  $H_s$  та позначок поверхні землі у місці влаштування насосної станції призначають позначку осі насосів.

Таблиця 4.6. - Тиск насиченої водяної пари при різній температурі

|                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Температура, град.               | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   |
| Тиск насиченої пари, мм. вод.ст. | 0,09 | 0,12 | 0,24 | 0,43 | 0,75 | 1,25 | 2,02 | 3,17 | 4,82 |

Позначка верху фундаменту:

$$Z_{\phi} = Z_n - A_n, \quad (4.22.)$$

де  $A_n$  - висота насосу від осі до лап, яка приймається за розмірами, вказаними у літературі [4,5].

Висоту фундаменту над рівнем чистої підлоги призначають у залежності від зручності монтажу всмоктуючих та напірних трубопроводів, але не менш 150 - 200 мм. Ширину та довжину фундаменту приймають більше ширини та довжини фундаментної плити насосу на 50 - 150 мм.

Глибина закладання фундаменту повинна бути не менш 50 - 70 см.

#### 4.8. Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів

Запірна арматура повинна забезпечувати роботу розрахункової кількості насосних агрегатів улюбій комбінації із загального числа агрегатів, встановлених на насосній станції. Крім того, при встановленні насосів «під заливом» необхідно передбачувати можливість відключення всмоктуючих трубопроводів. Так як кожний насосний агрегат каналізаційних насосних станцій має самостійну всмоктуючу лінію, то при встановленні їх «під заливом» на кожній лінії передбачаються засувки.

При тиску у напірному трубопроводі більш 0,3 мПа після кожного насосу необхідно передбачити встановлення спочатку зворотнього клапану, а потім засувки.

З урахуванням цього складають та наводять у пояснювальній записці схему комунікацій всмоктуючих та напірних трубопроводів.

Тип запірної арматури обирається за довідником [6] з урахуванням прийнятого ступеня автоматизації насосної станції. На автоматизованих насосних станціях всі засувки повинні мати механізований привід. На неавтоматизованих насосних станціях засувки діаметром до 400 мм. можуть бути з ручним приводом, вище 400 мм. - з механізованим. Засувки на всмоктуючих трубопроводах повинні бути розраховані на робочий тиск 0,25 МПа, на напірних трубопроводах - у залежності від напору, який розвивається насосом.

Діаметр зворотніх клапанів призначається за діаметром напірного трубопроводу. Підбираються зворотні клапани за довідником [6] з урахуванням їх діаметру та робочого тиску у напірному трубопроводі.

Як водомірні пристрої у насосних станціях частіше всього використовують витратоміри перемінного перепаду тиску із звужувальними пристроями або витратомірами з використанням колін [7]. Водоміри встановлюють або всередині насосної станції, або в колодязях у безпосередній близькості від неї.

У пояснювальній записці необхідно вказати тип витратомірів, які застосовуються, їх кількість та місце встановлення.

#### **4.9. Складання плану машиного залу насосної станції**

Починати розробку плану машиного залу необхідно з розташування насосних агрегатів. При цьому необхідно враховувати, що:

- мінімальні відстані між насосними агрегатами повинні призначатися у залежності від виду обладнання, яке використовується, за СНіПом;

- розташування обладнання повинно забезпечувати вільний доступ, зручність та безпечність обслуговування насосних агрегатів та допоміжного обладнання при ревізії та ремонті;

- профілактичні ремонти насосних агрегатів виконують у машиному залі при працюючих сусідніх агрегатах;

- у машиному залі необхідно передбачати улаштування монтажного майданчика, розміри якого повинні дорівнювати розмірам у плані найбільшого агрегату з урахуванням проходів навколо нього шириною 0,7 - 1,0 м.

Визначивши схему розташування насосних агрегатів, на міліметрівці у вибраному масштабі викреслюють плани фундаментів під насосні агрегати з урахуванням викладеного вище.

На планах фундаментів проводять осі, на яких відмічають кінці всмоктуючих та напірних трубопроводів з урахуванням всановлювальних креслень насосних агрегатів. Після цього, починаючи від насосів, на плани наносять всмоктуючі та напірні комунікації, та розташовують запірну та запобіжну арматуру з необхідними фасонними частинами. Трубопроводи у

насосних станціях прокладають по підлозі на бетонних стовпчиках або у каналах, які перекриваються рифленими металевими листами. Розміри каналів приймаються у залежності від діаметру трубопроводів [2]:

при діаметрі до 400 мм включно ширина каналу  $(D + 600)$  мм., глибина  $(D + 500)$  мм.;

при діаметрі 500 мм та більше ширина каналу  $(D + 800)$  мм., глибина  $(D + 500)$  мм.

При розміщенні комунікацій у каналах у місцях встановлення арматури необхідно передбачати розширення каналів [2].

На всмоктуючих лініях, починаючи від фланця вхідного патрубку насосів, звичайно передбачають встановлення фасоних частин та арматури у слідуючій послідовності: перехід ексцентричний, засувка, монтажна вставка з рухомим фланцем, трійник у точці примикання до колектора.

На напірних лініях насосів, починаючи від фланця напірного патрубку, встановлюють:

перехід концентричний, монтажну вставку, зворотній клапан, засувку, коліно або трійник у місці примикання напірної лінії насосу до колектора.

Розміри фасоних частин та арматури приймаються за довідником [6].

При проектуванні напірних та всмоктуючих трубопроводів необхідно урахувати, що трубопровід та арматура на всмоктуючих лініях водопровідних насосних станцій розташовуються у машиному залі, а в каналізаційних насосних станціях кожний насос повинен мати самостійну всмоктуючу лінію.

Напірні комунікації можуть розташовуватися як в машиному залі, так і в камерах за межами насосної станції.

Після розміщення трубопроводів та арматури необхідно перевірити дотримання нормативних відстаней між окремими елементами та при необхідності скорегувати план.

Ширина та довжина машиного залу визначаються максимальними розмірами площадки, у межах якої розташовується обладнання, з урахуванням монтажного майданчика, відстаней до стін споруди та монтажних проходів, модульних будівельних розмірів споруд, а також стандартних прольотів мостових кранів та кран-балок [2,6].

Каналізаційні насосні станції частіше всього виконують у плані круглими. Діаметр споруди розраховується після визначення місткості приймального резервуару (п.4.11).

#### 4.10. Визначення висоти машиного залу та підбір вантажопідйомного обладнання

Висоту машиного залу визначають виходячи з можливості транспортування у ньому обладнання найбільших габаритів, з урахуванням конструкції обраних підйомно-транспортних пристроїв.

Як підйомно-транспортне обладнання у насосних станціях передбачають:

при вазі вантажу, який переміщується, до 1 т. – нерухомі балки з кошками та кран-балки підвісні ручні;

при масі вантажу, який переміщується, до 5 т. включно – кран-балки підвісні ручні;

при масі вантажу, який переміщується, більше 5 т. – крани мостові ручні.

Вантажопідйомність підйомно-транспортних пристроїв визначається за максимальною вагою вантажу, який переміщується. Підбирають його за довідником [2,6].

Мінімальна висота машиного залу, м.:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + 0,5, \quad (4.23)$$

де  $h_1$  – висота монорельсу кран-балки з урахуванням конструкції підвіски його до перекриття або висота крану над головою підкранового рельсу з урахуванням запасу 0,1 м. до низу перекриття;

$h_2$  – мінімальна висота від крюка до низу монорельсу або до верху головки підкранового рельсу;

$h_3$  – висота строповки вантажу,  $h_3 = 0,5 - 1,0$  м.;

$h_4$  – висота вантажу;

$h_5$  – максимальна висота встановленого обладнання.

Якщо вантаж доставляється безпосередньо на монтажний майданчик, розташований вище підлоги машиного залу, то висота останнього, яка розрахована за формулою (4.23), повинна бути збільшена на висоту від підлоги машиного залу до вантажної платформи, на якій вантаж подається на монтажний майданчик.

Висоту машиного залу округлюють до 0,5 м. в сторону збільшення.

#### **4.11. Визначення місткості та обладнання приймального резервуару**

Для уникнення загнивання стічних вод місткість приймального резервуару повинна бути по можливості меншою. Регулюючу місткість приймального резервуару визначають у залежності від притоку стічних вод, подачі насосів та прийнятого режиму їх роботи.

Графік притоку стічних вод може бути прийнятий за графіком водоспоживання у залежності від заданого коефіцієнту нерівномірності за табл.4.1.

Подачу насосів каналізаційної насосної станції та їх режими приймають у відповідності з п.4.2.

Методика визначення регулюючої місткості приймального резервуару при ступінчатій роботі насосів викладена у підручнику [8].

При автоматичній роботі насосної станції місткість резервуару:

$$W = Q / 4n, \quad (4.24)$$

де  $Q$  – максимальна годинна подача насосу;  
 $n$  – кількість включень насосу у год.,  $n \leq 5$ .

У резервуарі каналізаційної насосної станції встановлюють решітки з механізованими граблями та дробилки. Розрахунок решіток чітко викладений у підручниках [8,9].

Дробилки підбирають з урахуванням годинної кількості відходів, яка приймається за завданням або визначена за приведеною кількістю мешканців та нормою покидів на одного мешканця [10].

Технічні характеристики решіток та дробилок приймають за довідником [6].

#### **4.12. Визначення розмірів каналізаційної насосної станції в плані**

Для визначення розмірів каналізаційної насосної станції необхідно на міліметровці скласти ескіз її плану у слідуєчій послідовності.

У відповідності з вказівками, наведеними у п.4.9., розробити план розміщення насосних агрегатів, запірно-запобіжної арматури та трубопроводів.

Намітити розміщення перегородки, яка відокремлює приймальний резервуар від машиного залу. В станціях з вертикальними насосами перегородки повинні бути на відстані 0,5 – 0,6 м. від фланця запірної засувки

на всмоктуючих трубопроводах, в станціях з горизонтальними насосами – на відстані 0,2 – 0,4 м. від переходу на всмоктуючих трубопроводах.

В приймальному відділенні розташувати решітки-дробилки, вхідні розподільчі канали та прямки для всмоктуючих трубопроводів. При розташуванні обладнання необхідно забезпечити вільний прохід навколо дробилок не менше 0,7 м. перед вантажним отвором не менше 1,5 м. Навколо решіток з механізованим очищенням повинен бути прохід не менше 1,2 м., а перед фронтом решітки не менше 1,5 м. Розміри каналів визначаються розмірами решітки, розміри прямка – кількістю всмоктуючих трубопроводів, їх діаметрами та діаметрами воронок.

Накреслити навколо всього обладнання насосної станції коло, яке обмежує внутрішній розмір насосної станції, який повинен бути кратним 1 м.

Скорегувати розміщення обладнання усередині насосної станції з метою використання площі та зменшення розмірів станції у плані.

Остаточні розміри станції приймаються після визначення глибини приймального резервуару та перевірки можливості забезпечення його розрахункової місткості (п.4.13.).

#### **4.13. Особливості визначення вертикальних розмірів каналізаційних насосних станцій**

Глибина каналізаційних насосних станцій визначається глибиною закладання підводячого колектору та глибиною приймального резервуару.

Мінімальна позначка дна прямка приймального резервуару:

$$Z_{np.} = Z_k - H_{ун.},$$

де  $Z_k$  – позначка лотка підводячого колектора (за завданням на проектування):

$H_{ун.}$  – висота насосної установки.

Висоту  $H_{ун.}$  знаходять з урахуванням відстані низу всмоктуючих воронок від дна прямка, що дорівнює  $0,8 D_{вх.}$  ( $D_{вх.}$  – діаметр входу ( $D_{вх.} = (1,3 - 1,5) D_{вс.}$ )), висоти воронки, розмірів коліна на всмоктуючому трубопроводі та відповідних розмірів насосу. Відстань від розрахункового рівня стоків до осі насосу не повинна перевищувати значення  $H_s$ , визначеного за формулою (4.20).

Після визначення позначки дна прямка приймального резервуару необхідно перевірити об'єм резервуару.

Об'єм приймального резервуару розраховують з урахуванням його висоти та намічених розмірів у плані (п.4.12). Якщо об'єм приймального резервуару виявиться менше значення, знайденого за формулою (4.24),

необхідно збільшити його глибину або розміри у плані, скоректувавши при цьому діаметр споруди насосної станції.

Висоту приймального відділення та машиного залу визначають з урахуванням вертикальних розмірів обладнання, можливості його монтажу та демонтажу, а також необхідного вантажопідйомного обладнання (п.4.10.).

У наземній частині каналізаційної насосної станції розташовують побутові та підсобні приміщення [10].

#### **4.14. Підбір вакуум-насосів та іншого допоміжного обладнання**

Вакуум-насоси для заливки основних насосів підбирають за їх розрахунковою подачею та необхідному значенню вакуума.

Подача вакуум-насосу, м<sup>3</sup>/хвил.:

$$Q_{\text{в}} = (W_{\text{тр.}} + W_{\text{н.}}) H_a K / (T (H_a - H_{\text{гв.}})),$$

де  $W_{\text{тр.}}$  та  $W_{\text{н.}}$  – об'єм повітря відповідно у всмоктуючому та напірному (до засувки) трубопроводах та в насосі, м<sup>3</sup>;

$H_a$  – барометричний тиск, рівний 10 м.;

$K$  – коефіцієнт запасу, рівний 0,05 – 1,1;

$T$  – час створення розрахункового розрідження (для протипожежних насосів  $T \leq 2$  хвил., для інших насосів  $T = 3-5$  хвил.);

$H_{\text{гв.}}$  – геометрична висота всмоктування, м.

Вакуум, необхідний для заливки, приблизно визначається за формулою, м.:

$$H_{\text{вак.}} = H_{\text{гв.}} + h_{\text{вс.}}$$

За подачею та потрібним вакуумом, який вимагається, підбирають тип вакуум-насосу [2,6].

Вакуум-насосів на станції повинно бути не менше двох: робочий та резервний.

При необхідності заливки каналізаційних насосів використовуються вакуум-насоси з розподільчим бачком або струменеві насоси.

Для відкачування дренажних вод з машиного залу повинні передбачатися вихрові самовсмоктуючі насоси типа ВКС, які можуть призначатися у залежності від розмірів машиного залу [6].

#### **4.15. Аналіз режиму роботи насосів та уточнення їх робочих характеристик**

##### **4.15.1. Побова розрахункової характеристики**

## трубопроводів

Характеристику водоводів необхідно розраховувати для найбільш несприятливого випадку, тобто коли шлях руху води у всмоктуючому та напірному трубопроводах для робочого агрегату найбільший.

Втрати напору у всмоктуючих та напірних комунікаціях насосної станції:

$$h_k = h_{вс} + h_n,$$

де  $h_{вс}$  та  $h_n$  – сумарні втрати напору відповідно у всмоктуючій та напірній лінії.

Сумарні витрати напору:

$$h = h_{дов} + h_m,$$

де  $h_{дов}$  – втрати напору по довжині,

$$h_{дов} = il = \delta S_o l Q^2;$$

$h_m$  – втрати на місцеві опори,

$$h_m = \sum \xi V^2 / 2 g ;$$

де  $\xi$  – коефіцієнти місцевих опорів в арматурі та фасонних частинах, які визначаються за довідниковими даними;  
 $V$  – швидкість руху води у трубопроводі.

Для визначення коефіцієнтів  $\xi$  необхідно скласти аксонометричну схему всмоктуючих та напірних трубопроводів, на яких треба пронумерувати всі розрахункові місцеві опіри та прямі ділянки.

Результати визначення втрат напору у насосній станції зводяться у табл.4.7.

Таблиця 4.7. - Розрахунок утрат опіру внутрі споруди насосної станції

| Номер опору     | Опір          | $\xi$ або $S_o$ | $D_y$ , мм. | $Q$ , л/с. | $V$ , м/с. | $\delta$ | $l$ , м. | $Q^2$ | $V^2 / 2 q$ | $h_i = \xi V^2 / 2 q$ або $h = \delta S_o l Q^2$ |
|-----------------|---------------|-----------------|-------------|------------|------------|----------|----------|-------|-------------|--------------------------------------------------|
| 1               | Вхід у трубу  |                 |             |            |            |          |          |       |             |                                                  |
| 2               | Конфузор      |                 |             |            |            |          |          |       |             |                                                  |
| 3               | Пряма ділянка |                 |             |            |            |          |          |       |             |                                                  |
| 4               | Колено        |                 |             |            |            |          |          |       |             |                                                  |
| Всього: $h_k =$ |               |                 |             |            |            |          |          |       |             |                                                  |

Втрати напору у насосній станції можуть бути подані у вигляді:

$$h_k = S_k Q^2, \quad (4.25)$$

де  $S_k$  – усереднений опір комунікацій насосної станції.

Тоді з формули (4.25):

$$S_k = h_k / Q^2,$$

де  $h_k$  – сумарні втрати у комунікаціях насосної станції, які приймаються за табл.4.7.

Характеристики трубопроводів розраховуються за формулою:

$$H_i = (S_k + 1,1 \delta S_o l) Q_l^2 + H_z,$$

де  $H_i$  – повний потрібний напір при  $i$ -й витраті;

$S_o$  – питомий опір водоводу;

$l$  – довжина водоводу;

$Q_l$  – витрата по водоводу;

$H_z$  – геометрична висота підйому, яка вирахована за формулою (4.13).

Повний напір визначають для шести точок: 0 ; 0,25  $Q_v$  ; 0,5  $Q_v$  ; 0,75  $Q_v$  ;  $Q_v$  ; 1,25  $Q_v$  ( $Q_v$  – розрахункова витрата по одному водоводу). Розрахунки зводяться у табл. 4.8.

Таблиця 4.8. - Розрахунок характеристики трубопроводів

| Вид показника                  | Значення показників для $Q_l$ |            |           |            |       |            |
|--------------------------------|-------------------------------|------------|-----------|------------|-------|------------|
|                                | $Q_l = 0$                     | $0,25 Q_6$ | $0,5 Q_6$ | $0,75 Q_6$ | $Q_6$ | $1,25 Q_6$ |
| $Q, \text{м}^3/\text{с.}$      |                               |            |           |            |       |            |
| $V, \text{м/с.}$               |                               |            |           |            |       |            |
| $\delta$                       |                               |            |           |            |       |            |
| $1,1 S_o l$                    |                               |            |           |            |       |            |
| $1,1 \delta S_o l$             |                               |            |           |            |       |            |
| $S_k$                          |                               |            |           |            |       |            |
| $S_k + 1,1 \delta S_o l$       |                               |            |           |            |       |            |
| $Q^2$                          |                               |            |           |            |       |            |
| $(S_k + 1,1 \delta S_o l) Q^2$ |                               |            |           |            |       |            |
| $H_2$                          |                               |            |           |            |       |            |
| $H_i$                          |                               |            |           |            |       |            |

За даними таблиці 4.8. на міліметровці будується графічна залежність  $H_i = f(Q_i)$ .

#### 4.15.2. Побудова зведених графіків та аналіз роботи насосів

Дійсну подачу насосної станції визначають робочою точкою, тобто точкою перетину характеристик насосів та мережі.

Для знаходження цієї точки необхідно на графік, побудований за даними табл.4.8., нанести характеристику ( $Q-H$ ) насосів. Після цього у відповідності з прийнятим режимом роботи насосів на цьому ж графіку будують сумарні характеристики насосів та водоводів. При паралельній роботі однакових насосів та водоводів сумарні характеристики будуються шляхом паралельного переносу по осі абсцис відповідних значень подачі одного насосу та водоводу.

При послідовній роботі насосів сумарну характеристику подачі будують шляхом паралельного переносу напорів по осі ординат.

Для аналізу роботи насосів на зведений графік наносять також криву  $Q-\eta$  та на осі абсцис відмічають витрати, які повинні забезпечуватися насосною станцією (І ступінь, II ступінь, при пожежі та т.і.), яка проектується.

В ідеальному випадку перпендикуляри, проведенні з цих точок, що відповідають режимним витратам, повинні перетинатися з характеристикою ( $Q-H$ ) насосів та мережі в робочих точках. У випадку, коли фактична подача насосної станції виявляється більше розрахованої витрати, яка вимагається, у годину максимального водоспоживання (без витрати на потреби пожежогасіння), її подачу необхідно зменшити за рахунок зменшення діаметру робочого колеса насосу шляхом його обточки. При цьому збіг подачі насосної станції з розрахунковою слід добиватися тільки для часу максимального водоспоживання. подача на I ступіні може відрізнятись від розрахункової, хоча слід намагатися зменшення цієї різниці. В цьому випадку

незбіг подачі та відбору буде компенсуватися регулюючими ємкостями, які є у системі. В окремих випадках подача І ступіні може регулюватися засувкою.

Максимальна обточка робочого колеса відцентрового насосу у залежності від його коефіцієнту швидкохідності  $n_s$  може прийматися у таких межах:

$$n_s = 60 - 120 \text{ на } 20 - 15 \%;$$

$$n_s = 120 - 200 \text{ на } 13 - 11 \%;$$

$$n_s = 200 - 300 \text{ на } 11 - 7 \%.$$

Характеристики насосу перераховують за відповідними формулами закону подібності відцентрових насосів.

При коефіцієнті швидкохідності  $n_s < 150$  діаметр обточеного колеса насосу може визначатися з виразів:

$$Q_o/Q = D_o/D \quad \text{та} \quad H_o/H = (D_o/D)^2,$$

де  $Q$ ,  $H$ ,  $D$  та  $Q_o$ ,  $H_o$ ,  $D_o$  – відповідно подача, напір та діаметр робочого колеса до та після обточки.

При коефіцієнті швидкохідності  $n_s > 150$  перераховувати діаметр робочого колеса рекомендовано за формулами:

$$Q_o/Q = (D_o/D)^2 \quad \text{та} \quad H_o/H = (D_o/D)^2,$$

На графіку сумісної роботи насосів та водоводів уточнена характеристика наноситься у межах області роботи насосів, яка рекомендується заводом-виробником.

Для випадку пожежогасіння у години максимального водоспоживання добиватися точної подачі розрахункової витрати не обов'язково, тому що у розрахунковому режимі на протязі року насосна станція буде працювати обмежений час та параметри робочої точки будуть підтримуватися за рахунок здібності системи до авторегулювання. Якщо у відповідності з п.4.6. для забезпечення потреб пожежогасіння передбачаються протипожежні насоси, то для них також повинні бути побудовані характеристики сумісної роботи насосів та водоводів.

У пояснювальній записці на підставі побудованих графіків необхідно вказати кількість, подачу, напір та ККД робочих насосів кожного ступеня.

Для каналізаційних насосних станцій необхідно, крім визначення розрахункових точок, скласти графік роботи насосних агрегатів (табл.4.9.).

Таблиця 4.9. - График роботи насосів каналізаційної насосної станції

| Годин<br>и діб | Приток<br>стічних вод |      | Откачка за даними<br>робочих точок<br>насосів, л/с. | Час роботи насосів, хвил. |      |       |
|----------------|-----------------------|------|-----------------------------------------------------|---------------------------|------|-------|
|                | %                     | л/с. |                                                     | одного                    | двох | трьох |

При розрахунку часу роботи насосів необхідно намагатися їх максимального завантаження, щоб наблизити графік притоку до графіка откачки стічних вод. Особливо це важливо для головних каналізаційних насосних станцій, які подають воду на очистні споруди, що працюють у рівномірному режимі.

#### 4.16. Розрахунок потужності трансформаторних підстанцій та компоновка розподільчих пристроїв

Потужність трансформатора насосної станції визначається за формулою, кВ-А:

$$N = K_c \sum P_i / (\eta_i \cos \varphi_i) + P_{осв.}, (4.26)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт попиту по потужності, який залежить від числа працюючих електродвигунів;

$P_i, \eta_i, \cos \varphi_i$  – відповідно потужність, ККД та коефіцієнт потужності  $i$ -го електродвигуна;

$P_{осв.}$  – потужність освітлювальної навантаженості,  $P_{осв.} \approx 30$  кВ-А.

При визначенні споживаної потужності за формулою (4.26) в розрахунок приймають електродвигуни робочих агрегатів та електродвигуни інших механізмів та допоміжного обладнання (вантажопідйомних пристроїв, вакуум-насосів, дренажних насосів, електрифікованих засувки та таке інше), які можуть працювати одночасно з основними агрегатами. Високовольтні двигуни напругою 1000 В при підрахунку потужності трансформаторів у курсовому проекті не враховуються, тому що умовно вважається, що напруга живлення електродвигунів відповідає напрузі високовольтної мережі, яка постачає насосну станцію електроенергією.

Коефіцієнт попиту по потужності  $K_c$  приймається:

при двох працюючих електродвигунах  $K_c = 1$ ;

при трьох  $K_c = 0,9$ ;

при чотирьох  $K_c = 0,8$ ;

при п'яти та більше -  $K_c = 0,7$ .

У насосній станції, крім робочих трансформаторів, встановлюються також резервні. Коефіцієнт резерву для трансформаторів приймається 1,5. Розміри камер для встановлення трансформаторів обираються за табл.4.10.

Для прийому та розподілення електроенергії на насосній станції розташовуються щитові та розподільчі пристрої (РП).

Розподільчий щит при напрузі 220/380 В збирають з розподільчих панелей та панелей управління. Розміри розподільчої панелі, мм.: ширина – 900, висота – 2100, глибина – 500.

Таблиця 4.10. - Внутрішні розміри для установки силових трансформаторів

| Потужність<br>, кВт•А | Катання трансформаторів  |                         |                         |                          |                         |                         |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                       | вузькою стороною         |                         |                         | широкою стороною         |                         |                         |
|                       | Глибина<br>камери,<br>м. | Ширина<br>камери,<br>м. | Висота<br>камери,<br>м. | Глибина<br>камери,<br>м. | Ширина<br>камери,<br>м. | Висота<br>камери,<br>м. |
| 160-250               | 3,0                      | 2,3                     | 3,6                     | 2,4                      | 2,9                     | 3,6                     |
| 400-630               | 3,5                      | 2,9                     | 3,6                     | 3,0                      | 3,5                     | 3,6                     |
| 750-1000              | 3,7                      | 2,9                     | 4,2                     | 3,0                      | 3,9                     | 4,2                     |
| 1359-1800             | 5,1                      | 3,5                     | 4,8                     | 4,0                      | 4,6                     | 4,8                     |

При визначенні розмірів щитової низької напруги кількість панелей управління приймається у залежності від кількості насосних агрегатів з рахунку: одна панель на три насосних агрегата з електродвигунами низької напруги та одна на кожний насосний агрегат з електродвигунами високої напруги. Крім того, передбачається одна розподільна панель додатково.

РП збирають з окремих блоків, кількість яких:

$$n = n_a + 4,$$

де  $n_a$  – загальна кількість робочих та резервних агрегатів.

Розміри РП приймаються у залежності від їх типу.

Блоки РП виконуються у вигляді шкафів КРП (комплектний розподільний пристрій) або КСО (камери стаціонарного одностороннього обслуговування). Розміри КРП, мм.: 900 – по фронту обслуговування, 1660 – у глибину (перпендикулярно фронту обслуговування), 2380 – по висоті. Розміри КСО, мм.: 1300 – по фронту обслуговування, 1300 – у глибину, 4600 – по висоті. Ширина коридору одностороннього обслуговування приймається не менше 2000 мм., а двохстороннього – не менше 2400 мм. Компонуються вони безпосередньо за трансформаторними камерами.

#### 4.17. Особливості будівельної частини насосної станції

Основні параметри споруди насосної станції приймаються у відповідності з п.4.9, 4.10, 4.12, 4.13 з урахуванням компоновки трансформаторних підстанцій та РП. Крім того, у насосних станціях повинні бути передбачені підсобні та побутові приміщення у відповідності зі СНіП.

Заглиблені приміщення повинні сполучатися з наземною частиною драбинами, шириною не менше 0,9 м. при куті нахилу не більше 45°. Для переходів через труби, а також для підйому до майданчиків у привідній частині засувки застосовуються драбинки або драбини шириною 0,5 м. та з кутом нахилу 60°.

Товщину стін підземної частини споруди приймають у межах 0,75 – 1,0 м. у залежності від глибини споруди та рівня ґрунтових вод. Вказівки по конструкції верхньої будівлі споруди насосної станції приведені у роботі [2]. При прольотах споруди 9, 12, 18, 24 та 30 м. відстань між несучими перекриття (балки, ферми) приймаються рівними 6 або 12 м. Товщина цегельних стін наземної частини приймається рівною 51 см. Ширину віконних проїмів у курсовому проекті можна приймати 300 см. при висоті кожної секції 120 або 180 см. Типові двері приймаються висотою 240 см. при ширині 100, 150 та 200 см. Розміри воріт (ширина на висоту) приймають: 300 x 300; 300 x 360; 360 x 360; 400 x 300; 400 x 420; 470 x 560 см.

План та розрізи насосної станції повинні бути виконані у відповідності з ЄСКД та СНіП.

В розрахунково-пояснювальній записці необхідно дати принципові рішення по будівельній частині споруди насосної станції (несучої частини, фундаментам, огорожуючим конструкціям).

#### 4.18. Техніко-економічні показники насосної станції

До основних техніко-економічних показників насосної станції відносяться:

собівартість подачі 1 м<sup>3</sup> води;

КПД насосної станції;

питома витрата електроенергії.

Собівартість подачі 1 м<sup>3</sup> води:

$$C_{lm}^3 = C_{ек} / W_в, \quad (4.27.)$$

де  $C_{ек}$  - річні експлуатаційні витрати, грн.;

$W_в$  - річна подача, м<sup>3</sup>.

Річні експлуатаційні витрати:

$$C_{ек} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5, \quad (4.28)$$

де  $C_1$  - річна вартість електроенергії;

$C_2$  - вартість поточного ремонту;  
 $C_3$  - витрати на амортизацію споруд та будівель;  
 $C_4$  - витрати на утримання персоналу обслуговування та управління;  
 $C_5$  - інші витрати.

Річна вартість електроенергії:

$$C_1 = C_{вст} + C_{випр}, \quad (4.29)$$

де  $C_{вст}$  - оплата встановленої потужності, грн.;  
 $C_{випр}$  - вартість витраченої за рік електроенергії, грн.

$$C_{вст} = G_1 \sum N,$$

де  $G_1$  - вартість 1 кВА встановленої потужності (грн./рік), яка приймається у залежності від району будівництва насосної станції;  
 $\sum N$  - сумарна потужність всіх встановлених високовольтних електродвигунів та трансформаторів (робочих та резервних).

$$\sum N = (\sum N_1 / \eta \cos \varphi_1) + (1,05 p \sum N_2 / \cos \varphi_2),$$

де  $\sum N_1$  та  $\sum N_2$  - відповідно сумарна потужність встановлених електродвигунів високої та низької напруги, кВт.;  
 $\eta$  - ККД електродвигунів високої та низької напруги, дорівнює 0,92;  
 $\cos \varphi_1$  - коефіцієнт потужності електродвигунів високої напруги, дорівнює 0,8;  
 $p$  - коефіцієнт, що враховує трансформаторний резерв, дорівнює 1,5;  
 $\cos \varphi_2$  - коефіцієнт потужності трансформаторів, дорівнює 0,9.

Вартість витраченої за рік електроенергії, грн.:

$$C_{випр} = 3,65 q G_2 \sum (Q_i H_i T_i / \eta_{нi} \eta_{двi}),$$

де  $G_2$  - вартість 1 кВт.г, коп;  
 $Q_i$  - годинна подача  $i$ -го ступеня насосної станції, м<sup>3</sup>/с.;  
 $H_i$  - напір насосів  $i$ -го ступеня, м.;  
 $T_i$  - кількість годин роботи  $i$ -го ступеня на протязі доби;  
 $\eta_{нi}$ ,  $\eta_{двi}$  - ККД відповідно насосів та двигунів  $i$ -го ступеня.

ККД електродвигунів потужністю до 50 кВт приймають рівним 0,9; при потужності більше 50 кВт  $\eta_{дв} = 0,92$ .

Витрати на поточний ремонт визначають у відсотках від вартості обладнання споруд та будівель:

$$C_2 = 0,022 C_{стр} + 0,038 C_{об} + 0,01 C_{вод}, \quad (4.30)$$

де  $C_{стр}$ ,  $C_{об}$ ,  $C_{вод}$  - вартість відповідно будівлі насосної станції, водоводів та обладнання.

Вартість споруд насосної станції та водоводів:

$$C_{стр} = C_{н.с} + C_{вод},$$

де  $C_{н.с}$  - будівельна вартість насосної станції.

$$C_{н.с} = C_{наз} + C_{підз} = \sum C_{п.і} W_i,$$

де  $C_{наз}$ ,  $C_{підз}$  - вартість відповідно наземної та підземної частин насосної станції;

$C_{п.і}$  - питома вартість наземної або підземної частини;

$W_i$  - об'єм відповідної частини, м<sup>3</sup>.

Будівельна вартість водоводів:

$$C_{вод} = C_{уд.в.} L_v,$$

де  $C_{уд.в.}$  - вартість прокладки одного метру водоводу, яка приймається у залежності від матеріалу труб та умов прокладки;

$L_v$  - довжина водоводу, м.

Таблиця 4.11. - Вартість 1м<sup>3</sup> споруди насосної станції, грн.

| Об'єм споруди, м <sup>3</sup> | Наземна частина                                       |                                             | Підземна частина                                         |                                            |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                               | При наявності підземної частини, грн./ м <sup>3</sup> | Без підземної частини, грн./ м <sup>3</sup> | При виробництві відкритим способом, грн./ м <sup>3</sup> | При опускном способі, грн./ м <sup>3</sup> |
| 50                            | 41,1                                                  | 67,8                                        | 112,1                                                    | -                                          |
| 100                           | 37,5                                                  | 67,8                                        | 112,1                                                    | 123,4                                      |
| 200                           | 31,9                                                  | 51,9                                        | 89,9                                                     | 117,5                                      |
| 500                           | 24,7                                                  | 42,1                                        | 52,9                                                     | 88,1                                       |
| 1000                          | 21,6                                                  | 35                                          | 47                                                       | 70,5                                       |
| 2000                          | 17,5                                                  | 28,3                                        | 40,2                                                     | 51,5                                       |
| 3000                          | 14,9                                                  | 24,7                                        | 35,7                                                     | 38                                         |

Вартість обладнання насосної станції визначається з урахуванням питомої вартості 1 кВт встановленої потужності:

$$C_{об} = C_{п.і} \sum P,$$

де  $C_{п.і}$  - питома вартість обладнання, яка приймається за табл.4.12.;

$\sum P$  - сумарна потужність встановлених електродвигунів (робочих та

резервних).

Таблиця 4.12. - Питома вартість обладнання насосних станцій, грн./кВт.

| Питома вартість            | Потужність одного основного насосу, кВт. |     |     |     |     |     |                |
|----------------------------|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
|                            | 25                                       | 50  | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 та більше |
| При горизонтальних насосах | 190                                      | 160 | 110 | 75  | 51  | 58  | 40             |
| При вертикальних насосах   | -                                        | -   | -   | 100 | 110 | 142 | 145            |

Витрати на амортизацію споруд та будівель приймають у відсотках від вартості відповідних витрат:

$$C_3 = 0,035 C_{н.с.} + 0,12 C_{об} + 0,04 C_{вод}, \quad (4.31.)$$

Витрати на утримання персоналу обслуговування та управління приймають за штатним розписом у залежності від подачі насосної станції. У курсовому проекті:

$$C_4 = 15 \div 40 \text{ тис.грн./рік} \quad (4.32.)$$

Інші витрати  $C_5$  приймають у розмірі 3 % загальних витрат на утримання станції.

Річні експлуатаційні витрати розраховують за формулою (4.28) на підставі розрахунків за формулами (4.29) - (4.32).

Так як змінення добової витрати на протязі року у курсовому проекті не задається, то річна подача насосної станції,  $m^3$ :

$$W = 365 \sum Q_i T_i,$$

де  $Q_i$  -годинна подача  $i$ -го ступеня насосної станції;  
 $T_i$  - кількість годин роботи  $i$ -го ступеня на протязі доби.  
Собівартість подачі  $1 m^3$  води розраховують за формулою (4.27).  
ККД насосної станції знаходять за формулою:

$$\eta_{н.с.} = \sum Q_i H_i t_i / \frac{\sum Q_i H_i t_i}{\eta_{ai}}$$

де  $Q_i H_i t_i$  - відповідно подача, напір та години роботи  $i$ -го насосу;  
 $\eta_{ai}$  - ККД насосного агрегату на  $i$ -му ступені роботи.

Питома витрата електроенергії насосної станції:

$$N_{\text{num}} = 2,724 / \eta_{\text{н.с.}}$$

#### **4.19. Список використаної літератури**

В кінці пояснювальної записки наводять список використаної літератури у порядку посилання на неї у тексті.

### **5. ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Проект оформлюють у вигляді креслень та пояснювальної записки. Графічну частину проекту виконують олівцем з дотриманням правил ЕСКД на одному аркуші формату А4. У лівій верхній частині креслення розташовують продольний розріз, в лівій нижній - план, у правій верхній - поперечний розріз, в правій нижній - аксонометричну схему технологічних трубопроводів, експлікацію основного обладнання та штамп.

План та розрізи виконують у масштабі 1:50 - 1:100.

Текст пояснювальної записки повинен бути оформлений згідно з вимогами [11]. Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути зброшюрована. Титульний лист оформлюють у відповідності з дод.1 та 2.

Приклад оформлення титульного листа для пояснювальної записки  
студентів денної форми навчання

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет

Кафедра міського будівництва та господарства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до курсового проекту з дисципліни  
“Насосні та повітродувні станції”

Виконав студент:

гр. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові)

Запоріжжя, 2021р.

Приклад оформлення титульного листа для пояснювальної записки  
студентів заочної форми навчання

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет

Кафедра міського будівництва та господарства

Шифр № \_\_\_\_\_  
(залікової книжки)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПISKA  
до курсового проекту з дисципліни  
“Насосні та повітродувні станції”

Виконав студент:

гр. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові)

Домашня адреса:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Запоріжжя, 2021р.