

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

з дисципліни

«НАСОСНІ І ПОВІТРДУВНІ СТАНЦІЇ»

*(для студентів 4 курсів денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060103 - «Гідротехніка (Водні ресурси)»)*

*та слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.06010108, 8.06010108 - "Водопостачання та водовідведення")*



Харків
ХНУМГ
2013

Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Насосні і повітродувні станції» (для студентів 4 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 -«Гідротехніка (Водні ресурси)») та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010108, 8.06010108 -"Водопостачання та водовідведення")/ Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: М. М Яковенко., Т. О. Шевченко – Х.: ХНУМГ, 2013 - 119 с.

Укладачі: М. М. Яковенко, Т. О. Шевченко

Рецензент: к.т.н. Н. Ю.Колесник

Рекомендовано кафедрою ВВіОВ
протокол №1 від 2.09.2011 р

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	5
Модуль 1.	
1. Насосні станції водопостачання	
3 М 1.1 насосні станції водопостачання і водовідведення	6
1.1. Устаткування насосних станцій	6
1.1.1. Основне устаткування насосних станцій	7
1.1.1.1. Лопатеві насоси, застосовувані в насосних станціях водопостачання	7
3М 1.2. Класифікація насосних станцій водопостачання.....	7
1.1.1.2. Компонування насосних станцій	14
1.1.2 Механічне устаткування насосних станцій	18
1.1.2.1. Сміттєзатримуючі пристрої	18
1.1.2.2. Затвори, засувки, клапани	19
1.1.2.3. Підйомно-транспортний пристрій	20
1.1.3. Допоміжне устаткування насосних станцій	21
1.1.3.1. Комунікації всмоктувальних і напірних трубопроводів	21
1.1.3.2. Система заливання насосів перед пуском	22
1.1.3.3. Система технічного водопостачання (ств)	23
1.1.3.4. Дренажні системи. системи осушення	23
1.1.3.5. Система видалення осаду з водоприймальних камер	23
1.1.3.6. Контрольно-вимірвальна апаратура насосних станцій	23
1.2. Методика визначення основних параметрів насосних станцій	24
1.2.1. Насосні станції і підйому	25
1.2.2. Насосні станції її підйому	28
1.2.3. Режим роботи насосних станцій при пожежі	38
1.2.4. Вибір кількості насосів, установлюваних на станції	41
1.2.5. Послідовність виконання розрахунків по визначенню подачі і напору насосів насосних станцій водопостачання	42
1.3. Підбір насосів і заходів щодо забезпечення їхньої роботи в оптимальному режимі	44
1.3.1. Зміна частоти обертання робочого колеса насоса	45
1.3.2. Зрізання робочого колеса насоса	50
1.4. Приклад розрахунку і проектування насосної станції і підйому	54
1.4.1. Загальна частина	55
1.4.2. Технологічна частина	55
1.4.3. Визначення продуктивності насосної станції	57
1.4.4. Визначення повного напору станції	58
1.4.4.1. Гідравлічний розрахунок всмоктувальних трубопроводів	58
1.4.4.2 Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів	58
1.4.4.3. Повний напір насосної станції	59
1.4.5. Підбір насосів	59
1.4.6. Розрахунок діаметра підрізування робочого колеса	62
1.4.7. Перерахування характеристик насоса на новий діаметр робочого колеса	64

1.4.8. Спільна робота насосів і трубопроводів	66
1.4.9. Визначення максимальної витрати води в системі	68
1.4.10. Визначення потужності насосів і електродвигунів	69
1.4.11. техніко-економічні показники роботи насосної станції.	71
1.5. Приклад розрахунку і проектування насосної станції її підйому .	72
1.5.1 Загальна частина	73
1.5.2. Технологічна частина	73
1.5.3. Технологічна частина	76
1.5.3.1. Подача господарсько-питних насосів	76
1.5.3.2. подача води при пожежегасінні	77
1.5.4 Визначення повного напору насосної станції	78
1.5.4.1. Гідравлічний розрахунок всмоктувальних трубопроводів	78
1.5.4.2. Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів	79
1.5.4.3. Повний напір насосної станції	80
1.5.5. Підбор насосів	82
1.5.6. Спільна робота насосів і трубопроводів	82
1.5.7. Визначення заглиблення насосної станції	86
2. Насосні станції водовідведення	87
2.1 Устаткування насосних станцій	87
2.1.1. Основне устаткування насосних станцій каналізації	88
2.1.1.1 Подача і напір насосної станції	90
2.1.1.2. комплектування насосних станцій	95
2.1.1. Механічне і допоміжне устаткування станцій каналізації	95
2.2. Приклад розрахунку і проектування насосної станції водо- відведення	97
2.2.1 Загальна частина проекту	97
2.2.2. Технічна частина проекту	99
2.2.2.1 Приймний резервуар	99
2.2.2.2. Грабельне приміщення	100
2.2.2.3. Машинний зал станції	100
2.2.2.4. Підйомно – транспортне устаткування	101
2.2.2.5. Внутрішній водопровід і каналізація	101
2.2.3. Визначення продуктивності насосів і ємкості прийомно- го резервуара	101
2.2.4. Попереднє визначення повного напору насосної станції ..	104
2.2.4.1. Розрахунок трубопроводів і устаткування насосної станції	105
2.2.4.2. Визначення повного напору станції	108
2.2.5 Підбір насосів	108
2.2.6. Спільна робота насосів і трубопроводів	109
2.2.7. Визначення потужності насосів, підбір електродвигунів .	112
2.2.8. Техніко-економічні показники насосної станції	114
Запитання для самостійної підготовки	118

ВСТУП

Насоси та водопідіймачі належать до одних з перших механізмів, якими людство користувалося ще довго до нашої ери. Конструктивно вони змінювались від найпростіших: вороти, „Журавлі”, Водопідіймальні колеса до сучасних різноманітних насосів.

У стародавній Греції та Римі використовувались поршневі насоси для викачування води з трюмів кораблів.

Ідея відцентрового насоса виникла ще в XVII сторіччі.

Розповсюдження відцентрових насосів довго стримувалося відсутністю швидкісних двигунів. Коли з'явилися електродвигуни почалося широке розповсюдження відцентрових, а трохи згодом і осьових насосів.

Значний вклад у розвиток теорії насосів та практики їх використання внесли такі вчені як Г. Ф. Проскура, А. Г. Шухов, С. С. Руднев, А. С. Караваєв, В. Я. Карелін, М. Г. Малішевський.

Це видання допомагає написанню курсового проекту з курсу „Насоси і насосні станції”. Вивчення цього курсу потребує від студентів підготовки за рядом загальнотехнічних і спеціальних дисциплін, до яких можна віднести гідравліку, деталі машин і електротехніку.

Методичні вказівки містять у собі теоретичні питання проектування насосних станцій водопостачання (н.с. I і II підйому), а також приклади розрахунків насосних станцій водовідведення.

Модуль 1
1. НАСОСНІ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ
З М 1.1 НАСОСНІ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ І
ВОДОВІДВЕДЕННЯ
1.1. УСТАТКУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Проектування і розрахунок насосних станцій водопостачання полягають у виборі:

- а) основного устаткування насосних станцій (насоси і двигуни);
- б) механічного устаткування (смітнікоутримуючі пристрої, затвори, засувки, клапани, підйомно-транспортні механізми);
- в) допоміжного устаткування:
 - системи технічного водопостачання (СТВ);
 - дренажно-осушувальні системи (ДОС);
 - системи масло забезпечення (СМЗ);
 - системи пневматичного господарства (СПГ);
 - вакуум-системи;
 - контрольно-вимірвальні прилади і системи автоматизації (Квпса);
 - труби і фасонні частини;
 - електричні пристрої (трансформатори, розподільні пристрої (РП);
 - протипожежні й санітарно-технічні пристрої.

Класифікація насосних станцій водопостачання здійснюється за рядом ознак:

- 1) за призначенням і розташуванням у системі:
 - насосні станції I підйому;
 - насосні станції II підйому;
 - підвищуючі;
 - циркуляційні;
- 2) за типом основного устаткування:
 - з відцентровими горизонтальними чи вертикальними насосами;
 - з осьовими чи діагональними насосами;
 - з об'ємними насосами;
 - з водопідйомниками різних типів;
- 3) за розташуванням лопатевих насосів щодо рівня води в резервуарі-джерелі:
 - з насосами з позитивною висотою ;
 - з насосами "під затокою";
- 4) за розташуванням щодо поверхні землі:
 - наземні;
 - заглиблені (частково заглиблені чи шахтного типу);
 - підземні (обладнані заглибними або артезіанськими насосами);
- 5) за характером керування:
 - з ручним керуванням;
 - з автоматичним;
 - з дистанційним.

1.1.1. ОСНОВНЕ УСТАТКУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Вибір основного устаткування насосних станцій, конструкції і типу насосів і двигунів може бути здійснений після вирішення наступних питань:

- призначення і розташування насосної станції в системі;
- режим водоспоживання і відповідний йому режим роботи насосної станції (рівномірний чи східчастий);
- продуктивність системи водопостачання;
- тип і розташування джерела водопостачання;
- розрахункові значення основних параметрів станції: продуктивність подачі Q і напору H ;
- число робочих і резервних насосів;
- режим роботи станції при пожежі.

У насосних станціях систем водопостачання застосовуються лопатеві насоси (відцентрові й осьові).

За розрахунковими параметрами Q і H за допомогою зведеного графіка полів Q - H необхідного типу насосів ведеться вибір необхідної марки насоса. [1,2].

Вивчають характеристики обраного насоса (Q - H ; Q - N ; Q - η), у тому числі при спільній роботі з водогінною мережею (трубопроводом) і встановлюють заходи щодо забезпечення роботи насосів в області оптимальних значень ККД (обточування робочого колеса, зміна числа обертів).

Обточуванням змінюю числа оборотів робочого колеса в допустимих межах можна розширити область застосування насосів.

Границі обточування лопатевих коліс залежно від коефіцієнта швидкохідності n_s такі:

- $60 < n_s < 120$ -припустиме обточування до 20 %;
- $120 < n_s < 200$ -припустиме обточування до 10-15 %;
- $200 < n_s < 300$ -припустиме обточування до 7-10 %;
- при $n_s < 300$ обточування не допускається.

У сучасних насосних установках як двигуни застосовують асинхронні електродвигуни змінного струму.

Число оборотів асинхронних електродвигунів (об/хв);
2900, 1450, 975, 730, 580, 480, 360, 290.

Той самий насос залежно від приводного електродвигуна може працювати при різному числі обертів i , відповідно до закону теорії подібності, змінювати тим самим свою характеристику.

1.1.1.1. ЛОПАТЕВІ НАСОСИ, ЗАСТОСОВУВАНІ В НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Консольні насоси типу К (КМ) (рис. 1.1, 1.2)

Позначення:

ДСТ 22 247-76

Приклад: 20/30 чи КМ 20/30

К - консольний;

КМ - консольно-моноблочний

з електродвигуном;

20-подача, м³/год;

30-напір, м

ДСТ 8337-57

2К-6

2-діаметр вхідного

патрубка, мм, зменшений

у 25 разів і округлений

($d_y^{bx} \approx 50\text{мм}$)

К- консольний;

б-коєфіцієнт швидкохідності,

зменшений у 10 разів і

округлений ($n_s \approx 60$).

П р и з н а ч е н н я : для води і чистих нейтральних рідин з рН =6,5 - 8 і t = 0- 85⁰ С (за замовленням - до 105⁰ С).

Загальні характеристики насосів типу К:

Q=5-360 м³/год (1,4 -100 л/с); Н=10 - 90 м (тиск 0,1-0,9 Мпа); ККД = 50 – 84 %;

$h_{\text{вак}}^{\text{доп}} = 4-5,5$ м; $n_s = 60 - 250$; напір на вході - не більше 20 м.

Область застосування:

- у водопостачанні (міському і промисловому);
- як циркуляційні насоси в системах гарячого водопостачання та опалення.

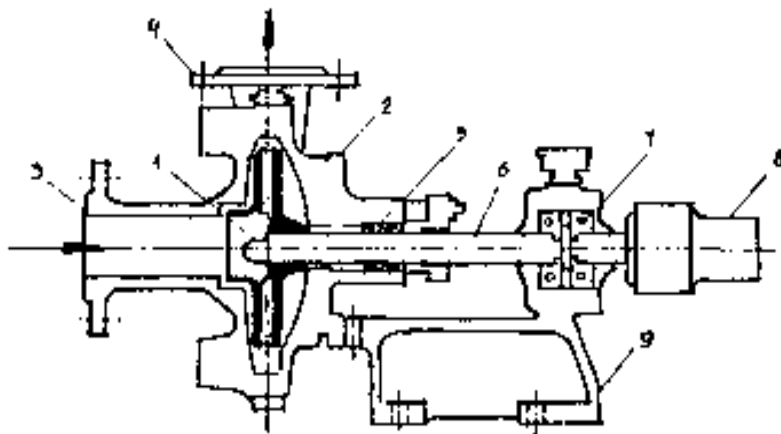


Рис. 1.1 - Відцентровий консольний насос типу К:

1 - робоче колесо з лопатками; 2 - корпус насоса; 3 - усмоктувальний

патрубок; 4 - напірний патрубок; 5 - чепцеве ущільнення; 6 - вал;

7 - підшипник; 8 - муфта; 9 - опорна станина

Насоси двостороннього входу типу Д (рис.1.3)

Позначення:

ДСТ 10 272-77

Приклад: Д 200-95

НД_в/Д- двостороннього входу;

200- подача, м³/год;

95- напір, м.

ДСТ 10 272-73

4 НД_в; 10Д-6 4 - у насосів

діаметр напірного патрубку, мм, зменшений у 25 разів ($d_y^H = 100\text{мм}$);

НД- насос двосторонній; Н- низько-,

С- середньо-, в- високонапірний.

$d_y^{BX} = 250\text{мм}$

У насосів Д: 10- діаметр вхідного патрубку, зменшений у 25 разів
6- коефіцієнт швидкохідності, зменшений у 10 разів ($n_s \approx 60$).

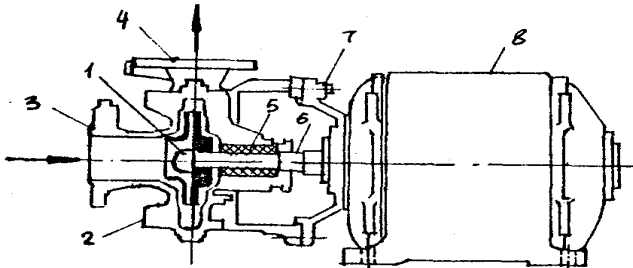


Рис. 1.2 - Відцентровий моноблочний насос типу КМ:

1- робоче колесо з лопатками; 2- корпус насоса; 3- усмоктувальний патрубок; 4- напірний патрубок; 5- чепцеве сальникове ущільнення; 6- вал насоса й електродвигуна; 7- фланець корпусу електродвигуна; 8- електродвигун

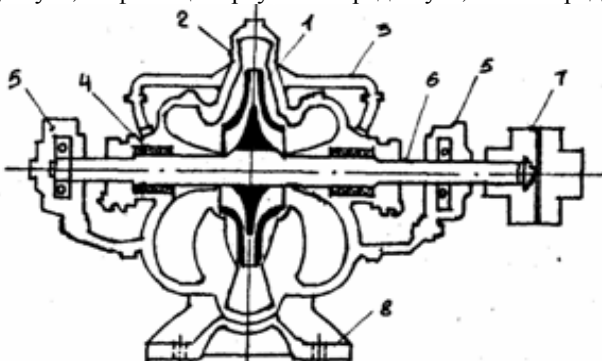


Рис. 1.3 - Відцентровий насос двостороннього входу типу Д:

1- робоче колесо; 2- корпус насоса; 3- трубка підведення води для гідроуці-
льнення сальників; 4- чепцеве сальникове ущільнення; 5- підшипник; 6- вал;
7- муфта; 8- опорна станина

Примітка: для води і чистих рідин з t до 85 -100 С.

Загальні характеристики насосів типу В:

$Q= 100 - 12500 \text{ м}^3/\text{год}$;

$H= 14 - 125 \text{ м}$;

$\text{ККД}= 73 - 88 \%$;

$h_{\text{вак}}^{\text{доп}} = 3 - 7.5 \text{ м}$.

Область застосування:

- у системах водопостачання (на НСІ і НСІІ);
- у меліорації;
- в іригації.

Вертикальні насоси типу В (рис. 1.4)

Позначення:

ДСТ 19740- 74

Приклад: 600В-1.6/100

600- умовний прохід напірного патрубку, мм;

В- вертикальний;

1.6- подача, $\text{м}^3/\text{з}$;

100 напір, м

ДСТ 4241- 62

28В- 12 28- діаметр вхідного

патрубку, зменшений у 25 разів

$d^{\text{вх}} = 250 \text{ мм}$ В- вертикальний

12^v – коефіцієнт швидкохідності, зменшений у 10 разів

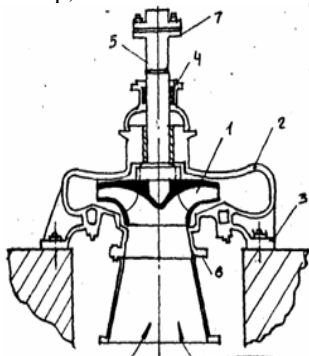


Рис. 1.4 - Відцентровий насос типу В:

- 1 - робоче колесо з лопатками;
- 2 - корпус насоса; 3 - опорні лапи;
- 4 - чепцеве сальникове ущільнення; 5 - вал; 6 - вхідний патрубок;
- 7 - фланець

Примітка: для води і чистих рідин з $t=35^{\circ}\text{C}$.

Загальні характеристики насоса типу В:

$Q= 1.6 - 25 \text{ м}^3/\text{з}$; $H= 25 - 100 \text{ М}$; $h_{\text{вак}}=10 - \Delta h$ (ковітаційний запас $\Delta h= 8-12 \text{ м}$).

Область застосування:

- у системах водопостачання на заглибленнях НСІ;
- на насосних станціях зрошувальних і судноплавних каналів.

Багатоступінчасті відцентрові насоси типу ЦНС (ЦНСГ) (рис.1.5)

Позначення:

ДСТ 10 407- 83

ЦНСГ38-44

Ц - центробіжний;

Н - насос;

Г - для гарячої води;

38 - подача, $\text{м}^3/\text{год}$;

44 - напір, м.

ДСТ 10407 -70

ЦНС (ЦНСГ)

Те ж

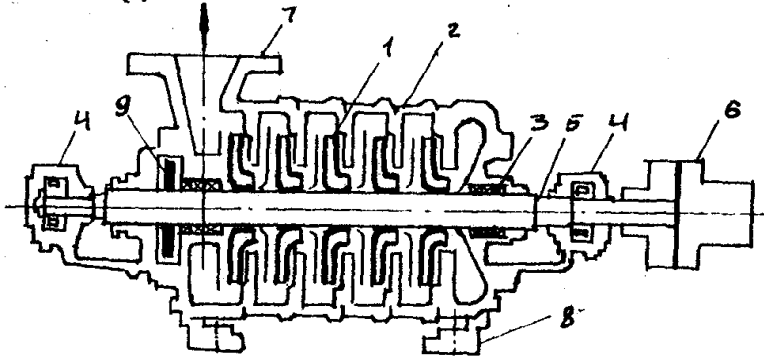


Рис. 1.5 - Відцентровий багатоступінчастий насос типу НС:
 1 - робочі колеса з лопатками; 5 - вал; 2 - корпус; 6 - муфта; 3 - щепцеве сальникове ущільнення; 7 - напірний патрубок; 4 - підшипники; 8 - опорна станина; 9 - диск завантаження

Примітка: для чистої води з $t = 60 - 105 \text{ }^\circ\text{C}$.

Загальні характеристики насосів типу ЦНС (ЦНСГ):

Число коліс - від 2 до 10 (бувають нормальні й високооборотні):

Нормальні:

Високо оборотні

$Q = 8 - 850 \text{ м}^3/\text{год}$;

$Q = 38 - 1000 \text{ м}^3/\text{год}$;

$H = 40 - 144 \text{ м}$;

$H = 136 - 2000 \text{ м}$;

$\text{ККД} = 67 - 77 \%$;

$\text{ККД} = 72 - 80 \%$;

$h_{\text{вак}}^{\text{доп}} = 4 - 7 \text{ м}$

підпір 2-6 м.

Область застосування:

- відкачування води із шахт;
- у високонапірних системах пожежогасіння;
- у висотних будинках і ін.

Скважинні насоси (рис. 1.6):

а) із трансмісійним валом; б) заглибні.

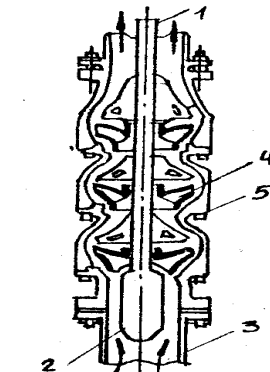


Рис. 1.6 - Скважинні насоси:
 1- вал; 2- обтічник; 3- усмоктувальна труба; 4- робоче колесо;
 5- корпус насоса

Насоси з трансмісійним валом (НА, А, АТН ВП)

Позначення:

ДСТ 14835- 69; АТН-8-І-22

А- артезіанський; Т - турбінний; Н - насос; 8 - діаметр обсадної труби для установки насоса, зменшений у 25 разів ($d_{\text{обс}} = 200 \text{ мм}$); І - тип робочого колеса (І- закритого типу); 22 - число робочих коліс.

Загальні характеристики насосів із трансмісійним валом:

глибина води не більше 125 м; $Q = 30 - 1200 \text{ м}^3/\text{год}$; $H = 3 - 125 \text{ м}$; ККД = 40 – 60 %; ВП - скважинні пропелерні для води з піском (до 1000 мг/л); $Q = 240 - 280 \text{ м}^3/\text{год}$; $H = 4 - 24 \text{ м}$.

Заглибні насоси

(ЭЦВ, АПТ, АП, АПВ, АПВМ, АЭНП, ЭНП) (заміняють ЭЦВ)

Позначення

ДСТ 10 428-79 (-71)

ЭЦВ 8-25-300

Э - електричний; Ц - відцентровий; В - для води; 8 - діаметр обсадної труби, зменшеної в 25 разів; ($d_{\text{обс}} = 200 \text{ мм}$); 25- подача, $\text{м}^3/\text{год}$; 300 - напір, м.

Загальні характеристики заглибних насосів:

для шпар $d = 100-500 \text{ мм}$; $Q = 0.63-1200 \text{ м}^3/\text{год}$; $H = 12-680 \text{ м}$;

Мінералізація до 1500 мг/л; рН = 6.5 - 9.5; t^0 до 25 ^0C .

Область застосування:

- для підйому води з трубчастих колодязів.

ГНОМ:

Г - грязьовий; Н - насос; О - осушувальний; М - моноблочний; $Q = 14-60 \text{ м}^3/\text{год}$; $H = 10-20 \text{ м}$; Вода з піском до 10 % за вагою.

Осьові насоси (рис. 1.7):

ОВ - осьові вертикальні насоси з жорстко закріпленими лопатками робочого колеса відкритого типу;

ОПВ - осьові вертикальні насоси з ручним приводом повороту лопаток робочого колеса.

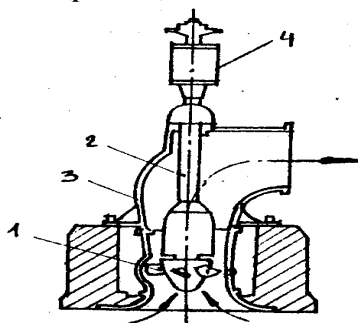


Рис. 1.7 - Осьовий насос типу ОП:
1-лопати; 2-вал; 3-корпус; 4- привод

Позначення:

ДСТ 9366-80

ОПВ – 2-110ЭГ; О – осьовий; П – поворотний; В – вертикальний; 2 – модифікація насоса; 110 – діаметр робочого колеса, см; ЭГ – привод розвороту лопаток (ЭГ - з електрогідроприводом).

О и ОП за ДСТ 9366-71

(Г - з горизонтальним валом); У - з вертикальним валом; К - з камерним підведенням; МК - малогабаритні з камер-підведенням; МБК - моноблочні з камерним підведенням; Э - з електроприводом розвороту лопаток; ЭГ - з електрогідроприводом розвороту лопаток; МБ - малогабаритні з електрогідроприводом розвороту лопаток; КЕ - з камерним підведенням і електрогідроприводом розвороту лопаток; МКЕ - малогабаритні з камерним підведенням і з електроприводом розвороту лопаток.

Примітка: для води з t до 35^0 С і утримуючої суспензій до 3000 мг/л (абразивних до 2 %).

Основні характеристики насосів типів ОВ і ОПВ:

$Q = 0.5 - 40 \text{ м}^3/\text{з}$; $H = 2.5 - 23 \text{ м}$; ККД = 84 - 86 %.

Область застосування:

- на теплових електростанціях як циркуляційні насоси;
- у шлюзах;
- в іригаційних системах;
- на НС1 систем водопостачання;
- на каналізаційних станціях.

Водокільцеві вакуумні насоси (рис. 1.8)

ВВН - водокільцевий вакуум-насос; ВК - водокільцевий компресор (повітродувка); ДВК - водокільцевий вакуум-насос подвійної дії.

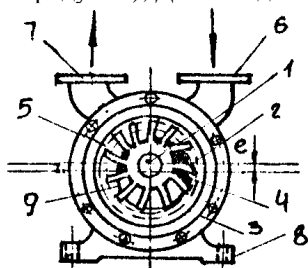


Рис. 1.8 - Водокільцевий вакуум-насос типу ВВН:

1 - вал; 6 - усмоктувальний патрубок; 2 - робоче колесо; 7 - напірний патрубок; 3 - корпус насоса; 8 - опорна станина; 4 - усмоктувальне вікно; 9 - нагнітальне вікно; 5 - водяне кільце

Основні характеристики:

$Q = 6.6 - 450 \text{ л/с}$ ($0.4 - 27 \text{ м}^3/\text{хв}$); $H = 3 - 22 \text{ м}$; Напір перед усмоктувальним патрубком- 10 м; Максимальний вакуум- 80-97 %.

Область застосування:

- для створення вакууму в основних насосах при заливанні їх перед пуском;
- як повітродувки в технологічному циклі очищення води.

ЗМ 1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1.1.2. КОМПОНУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Після вибору за розрахунковими параметрами Q і H основного устаткування (насосів і двигунів) виконують компоновання будівлі насосної станції. Компоновання станції, склад елементів і їхній тип багато в чому визначаються видом джерела водопостачання.

До складу елементів насосних станцій I підйому при заборі води з поверхневих джерел (ріки, водоймища) входять:

- водозабірні споруди;
- проміжні елементи від водозабору до водоприймальної споруди;
- водоприймальна споруда;
- усмоктувальні труби;
- основне (насоси, двигуни), механічне і допоміжне устаткування станції;
- напірні трубопроводи.

Конструктивне рішення станції визначається розміщенням водозабору стосовно джерела (береговий чи русловий водозабір) і до самої станції (сполучений чи роздільний тип споруди).

До складу елементів водозаборів насосних станцій при взятті підземної води входять такі елементи:

- водоприймальні споруди (свердловини, колодязі, горизонтальні водозабори і т.д.);
- скважинні насоси;
- напірні трубопроводи;

До складу елементів насосної станції II підйому входять:

- усмоктувальні труби;
- основне (насоси, двигуни), механічне і допоміжне устаткування;
- напірні трубопроводи;
- колектори усмоктувальних і напірних трубопроводів.

Поділ насосних станцій за розташуванням щодо поверхні землі на наземні, заглиблені і підземні визначається видом джерела водопостачання і рівнем води в ньому.

Наземні будівлі станцій застосовуються при заборі води з поверхневих джерел з невеликими коливаннями рівня води, насоси встановлюють з позитивною висотою всмоктування. Будівлі проектують прямокутними в плані.

Заглиблені станції влаштовують при заборі поверхневих вод зі значним коливанням рівнів води в джерелі, що перевищує допустиму висоту всмоктування насосів.

Будівлі заглиблених насосних станцій складаються з підземної частини і верхньої будівлі; підземна частина станції кругла в плані, верхня будівля - прямокутної форми.

Глибина підземної частини заглиблених станцій визначається розташуванням насосів щодо рівня води в джерелі (резервуарі) – висотою всмоктування насосів чи висотою підпору. Будівлі станцій проєктують таким чином, щоб насоси розташовувалися «під затокою» щодо рівня низьких вод у джерелі.

У заглиблених насосних станціях I підйому (рис. 1.9) при установці насосів «під затокою» величина заглиблення станції

$$h_{\text{загл}} = Z_{\text{знс}} - Z_{\text{пмз}}, \quad (1.1)$$

де $Z_{\text{знс}}$ - оцінка поверхні землі в насосній станції, м;

$Z_{\text{пмз}}$ - оцінка підлоги машинного залу станції, м.

$$Z_{\text{пмз}} = Z_{\text{унв}} - h_{\text{нас}} - h_{\text{рами}} - h_{\text{фунд}} - h_{\text{п}} - 0.5 \quad (1.2)$$

де $Z_{\text{унв}}$ - оцінка рівня низьких вод у джерелі, м;

$h_{\text{нас}}$ - висота насоса (за каталогом), м; [2]

$h_{\text{рами}}$ - висота рами насоса, м ($h_{\text{рами}} = 0.2$ м);

$h_{\text{фунд}}$ - висота фундаменту насоса, м ($h_{\text{фунд}} = 0.5$ м);

$h_{\text{п}}$ - товщина підлоги машинного залу ($h_{\text{п}} = 0.4$, м);

0.5 - запас на зниження рівня води в джерелі, м.

При русловому водозаборі і великій довжині самопливних труб необхідно при обчисленні $Z_{\text{пмз}}$ врахувати зниження рівня води у водоприймальній камері (стосовно $Z_{\text{унв}}$) за рахунок втрат напору в самопливних трубах ($\eta_{\text{w сам.тр}}$).

Насосні станції II підйому залежно від висотної схеми РЧВ можуть бути наземними чи частково заглибленими.

При проєктуванні НС II підйому важко домогтися того, щоб насоси знаходилися «під затокою» у широкому діапазоні рівнів води в РЧВ. Так, при максимальному рівні води в РЧВ насоси, як правило, працюють «під затокою», а при мінімальному рівні – з позитивною висотою (рис. 1.10). В останньому випадку необхідно забезпечити припустиму висоту насосів $\eta_{\text{вс}}^{\text{доп}}$ і передбачити:

- засувки на всмоктувальних лініях насосів;
- заливання насосів перед їхнім пуском (за допомогою насосів чи ежекторів).

Оцінка рівня підлоги машинного залу станції $Z_{\text{пмз}}$ (М):

$$Z_{\text{пмз}} = Z_{\text{знс}} - \eta_{\text{п}}, \quad (1.3.)$$

де $Z_{\text{знс}}$ – позначка поверхні землі в насосній станції, м;

$h_{\text{п}}$ - розташування рівня підлоги машинного залу стосовно поверхні землі в станції $Z_{\text{знс}}$, м; $h_{\text{п}}$, м визначають за формулою

$$h_{\text{п}} = h_{\text{он}} + E + T + H_{\text{ф}}, \quad (1.4)$$

де $h_{\text{он}} = Z_{\text{знс}} - Z_{\text{він}}$ - розташування осі насоса, м; $Z_{\text{він}}$ - позначка осі насоса, м;

E - відстань від осі насоса до рами, визначається за каталогом [2] для даного насоса, м; T - висота рами під насосом, приймається конструктивно; T = 0.2 м;

$H_{\text{ф}}$ - висота фундаменту над рівнем підлоги машинного залу, м.
 $H_{\text{ф}}=0.5$ м.

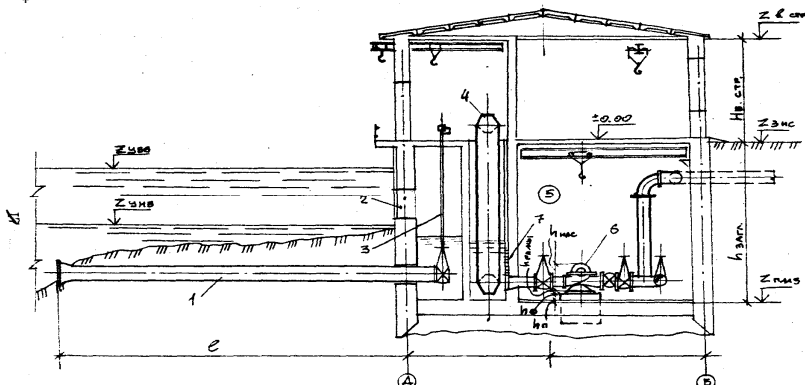


Рис. 1.9 - Насосна станція I підйому:

1 – самопливні труби; 2 – водоприймальні вікна; 3 – водоприймальна камера; 4 – обертові сітки; 5 – машинний зал станції; 6 – насосні агрегати; 7 – ремонтно-аварійний затвор

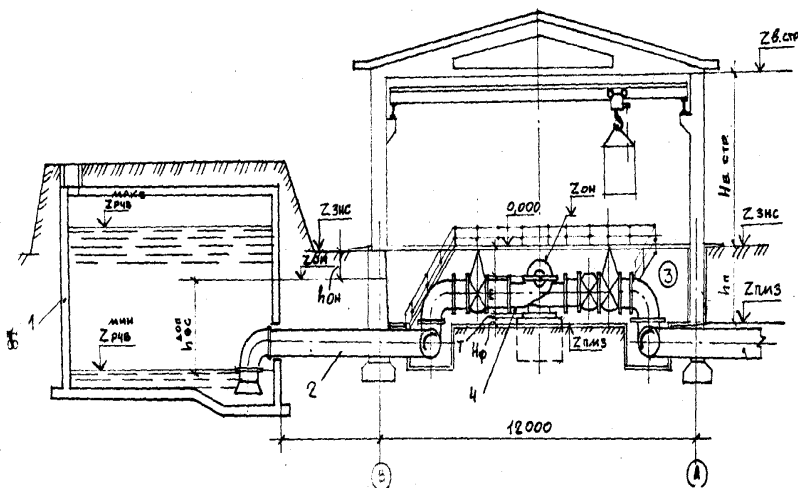


Рис. 1.10 - Насосна станція II підйому:

1 – резервуар чистої води (РЧВ); 4 – насосні агрегати; 2 – усмоктувальні трубопроводи; 5 - напірні трубопроводи 3 – машинний зал станції

Оцінка осі насосів НС II підйому $Z_{\text{вн}}$ (м) здійснюється за формулою

$$Z_{\text{вн}} = Z_{\text{рчв}}^{\text{мін}} + h_{\text{вс}}^{\text{доп}}, \quad (1.5)$$

де $Z_{рчв}^{мин}$ – оцінка мінімального рівня води в РЧВ, м; $Z_{вс}^{доп}$ – припустима висота всмоктування насоса, м.

Висота всмоктування насоса $h_{вс}^{доп}$ (м) з коректуванням $h_{вак}^{доп}$ на місцеві значення P_a t^0 С розраховується за формулою

$$h_{вс}^{доп} = [h_{вак}^{доп} - (10 + P_a) + (0.24 - h_t)] - h_{w вс} - V_{вс}^2 / 2g, \quad (1.6)$$

де $h_{вак}^{доп}$ – припустима вакуумметрична висота насоса, визначається за каталогом для даної марки насоса, м. [2]

У характеристиках насосів, що приводяться в каталогах [2], даються криві припустимої вакуумметричної висоти всмоктування $\eta_{вак}^{доп}$ залежно від продуктивності ($h_{вак}^{доп} = f / Q$) для даного числа оборотів n , атмосферного тиску $P_a = 10$ мм вод. ст. і температури всмоктуваної води $t = 20$ °С. При іншому числі оборотів n також змінюється припустима вакуумметрична висота:

$$h_{вак}^{доп} = 10 - (10 - h_{вак}^{доп}) (n' / n)^2 ;$$

P_a – атмосферний тиск у місці розташування насосної станції, встановлюють за табл. 1.1, залежно від оцінки землі в насосній станції $Z_{знс}$, м;

0.24 – пружність насичених пар води, що перекачується, при ($t = 20$ С, м;

h_t – пружність насичених пар води, що перекачується, за табл. 1.2.,

залежно від температури t^0 С, м; $h_{w вс}$ – утрати напору у всмоктуваль-

ному трубопроводі, м; $V_{вс}$ – середня швидкість руху води у всмоктувальній трубі, м/с; може бути визначена за рівнянням:

$$V_{вс} = \frac{4Q_c^{макс}}{\pi D_{вс}^2}.$$

Т а б л и ц я 1.1

Висота місцевості над рівнем моря, м	-60	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
Атмосферний тиск P_a , м	11,3	10,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	8,6	8,4

Т а б л и ц я 1.2

Температура t , С°	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Тиск насиченої пари h_t , м	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82	7,14	10,33

Висота верхньої будівлі станцій, не обладнаних підймальними механізмами, приймається не менше 3 м.

Висота приміщення станції з підвісною кран-балкою:

$$H_{в.стр} \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0.5, \quad (1.7)$$

де h_1 – висота монорейки кран-балки ($h_1 \approx 0.2$); h_2 - висота від гака до низу монорейки, м ($h_2 \approx 1.0$); h_3 - висота стропування вантажу, м ($h_3 \approx 0.5 - 1.0$ м); h_4 - висота вантажу, м; 0.5 – висота від вантажу до підлоги, м

Висота приміщення станції з мостовим краном

$$H_{в.стр} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0.5 + h_{про} + 0.1, \quad (1.8)$$

де h_1 – висота над голівкою підкранової рейки, м; h_2 - висота від гака до головки рейки, м; h_3 - висота стропування, м; h_4 - висота вантажу, м; 0.1 - відстань від низу перекриття до верха балки, м.

1.1.2. МЕХАНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Механічне устаткування станцій включає такі елементи:

- сміттєзатримуючі пристрої;
- затвори, засувки, клапани;
- підйомно-транспортні механізми.

1.1.2.1. СМІТТЄЗАТРИМУЮЧІ ПРИСТРОЇ

Елементи сміттєзатримуючих пристроїв: ґрати; сітки.

У берегових водозаборах як сміттєзатримуючі пристрої застосовують ґрати (стаціонарні чи знімні), встановлювані в прямокутних водоприймальних отворах (вікнах).

ґрати - прямокутні рами зі швелерів, заповнені вертикальними сталевими смугами товщиною 4-10 мм. Ширина смуги $L \geq (1-1.3) a$, де a - провіт між смугами (для осьових насосів $a = 5-15$ см, для відцентрових $a = 3-10$ см).

Типова конструкція плоских ґрат $v \times h = 1250 \times 2500$ [1]; рама - зі швелерів № 10 - 12; стержні із смугової сталі 50×6 мм.

$$h_{реш} = \zeta_{реш} \frac{V^2}{2g}$$

Втрати напору в ґратах визначають за формулою (1.9):

де $\zeta_{реш}$ – коефіцієнт опору в ґратах; V - середня швидкість потоку, віднесена до перерізу отворів ґрат, м/с.

Розміри водоприймальних отворів визначають за середньою швидкістю втікання води через ґрати (отвору в світлі).

Припустима швидкість втікання води у водоприймальний отвір приймається:

а) у берегових незатоплених водоприймачах: $V = 0.6 - 0.2$ м/с;

б) у затоплених водоприймачах: $V = 0.3 - 0.1$ м/з (великі значення V приймають для насосних станцій з $Q \geq 10$ м³/с)

Площу живого перерізу водоприймальних отворів (брутто) однієї секції $\Omega_{бр}$ (м²) визначають за формулою

$$\Omega_{бр} = 1.25 q_p k_{ст}, \quad (1.10)$$

де V - швидкість втікання у водоприймальний отвір, м/с; 1.25 - коефіцієнт, що враховує засмічення отворів; q_p - розрахункова витрата однієї секції, м³/з; $\kappa_{ст}$ – коефіцієнт, що враховує стиснення отворів стержнями ґрат, прийнятий

$$\kappa_{ст} = (\alpha_{ст} + c_{ст}) \alpha_{ст},$$

де $c_{ст}$ – відстань між стержнями у світлі, см; $\alpha_{ст}$ – товща стержнів, см.

Низ водоприймальних отворів повинен бути розташований не менше 0.5 м вище дна водотоку, верх – не менше 0.2 м від нижньої крайки льоду.

До складу руслових водозаборів входять самопливні труби (не менше двох), кожну з яких розраховують на повну розрахункову подачу води насосною станцією.

При виборі діаметра самопливних труб орієнтовану швидкість руху води в них допускається приймати за даними табл. 1.3

Т а б л и ц я 1.3

Діаметри труб, мм	Швидкість руху води у водозаборах категорії, м/с	
	I	II і III
300 – 500	0,7 – 1,0	1,00 – 1,5
500 – 800	1,0 – 1,4	1,5 – 1,9
Більше 800	1,5	2,0

С і т к и. Застосовують у водоприймачах насосних станцій для більш глибокого механічного очищення води. Матеріал – нержавіюча сталь, оцинкована сталь, бронза, капрон і т.д. Сітки бувають: а) плоскі знімні; б) стрічкові обертові.

Секція плоскої знімної сітки – металева рама з куточків, на якій кріпиться дротове полотнище сітки.

Полотнина сітки - з тонкого дроту:

а) дрібна робоча – осередки розміром 2×2... 5×5 мм;

б) велика – осередки розміром 20×20 мм – для міцності полотнини.

Обертova сітка – безупинна дротова полотнина, укріплена на обертових барабанах, розташованих горизонтально. Полотнина складається з окремих шарнірно з'єднаних між собою секцій (рамок). Ширина полотнини сітки - до 2- 2.5 м. Привод обертання – електродвигун. Швидкість руху сітки - 3.5-10 см/с. Робоча площа сітки визначається за розрахунковою швидкістю втікання через отвір сітки $v \approx 0.4$ м/з (без рибозагороджувачів); $v \approx 0.8 - 1.2$ м/з (з рибозагороджувачами поза станцією).

1.1.2.2. ЗАТВОРИ, ЗАСУВКИ, КЛАПАНИ

Затвори забезпечують регулювання витрат води через споруду. Затвори бувають: основні (робочі); аварійні; ремонтні; аварійно-ремонтні.

Плоскі щитові затвори – дерев'яні й металеві. Затвори встановлюють у напрямних зі швелерів. Отвору, що перекриваються плоскими дерев'яними щитами (із брусів зі стяжними болтами) розміром 2×2 м, що допускається напір - 15 м. Для великих тисків застосовують металеві затвори.

Зусилля для підйому плоского затвора Р (кг) знаходять за формулою

$$P = (G + \rho H F f) k^2 / 1000, \quad (1.11)$$

де G- маса щита, кг; H- напір, що діє на затвор, м; F- площа затвора, м; f - коефіцієнт тертя металу по металу; f = 0.3- для ковзних щитів; f = 0.1- для коткових щитів; k – коефіцієнт запасу, k= 1,5.

З а с у в к и: рівнобіжні й клинові, з механічним приводом (електро- чи гідроприводом). Засувки застосовують на трубопроводах насосних станцій в якості робочих і аварійно-ремонтних затворів.

З цією ж метою на трубопроводах застосовують дискові поворотні затвори.

Зворотні клапани встановлюють на напірних трубопроводах між напірним патрубком насоса і засувкою, щоб запобігти поворотному (через насос) рухові води при його зупинці.

Зворотні клапани бувають з верхньою підвіскою (при $d_{тр}$ до 1000 мм) і з ексцентричною підвіскою тарелі (d до 1200 мм). На трубах великих діаметрів використовують багатодискові зворотні клапани.

На вході у всмоктувальні трубопроводи застосовують:

- а) прийомні клапани ($d_{тр}$ до 200 мм) – при заливанні водою перед включенням;
- б) запобіжні сітки (суспензії у воді) при заливанні за допомогою вакуум-насоса;
- в) прийомні лійки (чиста вода) – при заливанні за допомогою насоса чи ежектора.

1.1.2.3. ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИЙ ПРИСТРІЙ

Для монтажу, ремонту і демонтажу устаткування, арматури і трубопроводів насосних станцій передбачається підйомно-транспортне устаткування:

- а) кішки і талі по монорейці з ручним приводом (при масі вузлів до 1000 кг);
- б) підвісні кран - балки (при масі вузлів до 5000 кг);
- в) бруківки крани (при масі вузлів більш 5000 кг).

Маса вузлів, деталей устаткування, трубопроводів, фасонних частин установлюється після розрахунку і підбору основного і допоміжного устаткування. Максимальну масу деталей (вузлів) орієнтовно можна приймати в межах 50 - 60% загальної маси насоса, двигуна.

1.1.3. ДОПОМІЖНЕ УСТАТКУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Допоміжне устаткування насосних станцій включає до свого складу такі основні системи:

- комунікації всмоктувальних і напірних трубопроводів;
- системи заливання насосів перед пуском (вакуум-системи);
- системи технічного водопостачання (СТВ);
- дренажні системи;
- системи видалення осаду та ін.

1.1.3.1. КОМУНІКАЦІЇ ВСМОКТУВАЛЬНИХ І НАПІРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

У межах будівлі насосної станції комунікації всмоктувальних і напірних трубопроводів в основному виконують із сталевих труб, поза будівлею - з чавунних розтрубних.

Всмоктувальні трубопроводи.

Діаметри всмоктувальних труб, фасонних частин і арматури визначають за допомогою таблиць Ф. А. Шевелева [4] за розрахунковою секундною витратою води Q , л/с.

При попередньому підборі діаметрів керуються наступною припустимою швидкістю V , м/с [3]:

- при діаметрі всмоктувальних труб до 250 мм - 0.6-1.0;
- 350-800 мм - 0.8-1.5; понад 800 мм - 1.2-2.0.

Число всмоктувальних труб на станціях I підйому, сполучених з водозабором, звичайно приймають рівним числу встановлених насосів.

На станціях II підйому при великому числі встановлених насосів влаштовують збірний колектор з перемикаючими засувками і не менше двох усмоктувальних труб. При вмиканні однієї лінії інші повинні бути розраховані на пропуск повної розрахункової витрати (для насосних станцій I і II категорій).

Напірні трубопроводи.

У насосних станціях I і II підйому влаштовують два напірних трубопроводи (і тільки в окремих випадках – три і більше) зі збірним колектором і перемикаючими засувками, усталовленими на станції чи розташовуваними в окремому приміщенні. При попередньому підборі діаметрів труб виходять зі швидкості руху води v , м/с: [3]:

- для діаметрів труб до 250 мм- 0.8-2.0;
- 250-800 мм – 1.0-3.0;
- понад 800 мм- 1.5-4.0.

Трубопроводи в межах станції можуть розміщуватися як над підлогою машинного залу, так і в каналах підлоги, що перекриваються зйомними плитами.

Розташування насосних агрегатів. Розташування насосних агрегатів і трубопроводів у будівлі насосної станції визначається типом, розміра-

ми і числом основного і допоміжного устаткування, а також формою будівлі в плані. Наприклад, розташування агрегатів з відцентровими насосами з горизонтальним валом у будівлях прямокутної форми може бути виконане за однією зі схем:

- однорядне, паралельне поздовжній осі будівлі;
- однорядне, перпендикулярно до поздовжньої осі будівлі;
- однорядне, під кутом до поздовжньої осі;
- дворядне;
- дворядне в шаховому порядку.

1.1.3.2. СИСТЕМА ЗАЛИВАННЯ НАСОСІВ ПЕРЕД ПУСКОМ

Як відомо, перед включенням лопатевих насосів у роботу їхній корпус і всмоктувальна труба повинні бути заповнені рідиною, що перекачується.

Відцентрові й осьові насоси варто встановлювати з підпором ("під затокою") при мінімальних рівнях води в джерелі (резервуарі). При цьому перед пуском насоса відкривають засувку на всмоктувальній трубі і кран для випуску повітря з корпусу насоса. Під наявним напором вода заповнює всмоктувальну трубу і корпус насоса (засувка на напірній трубі закрита). У випадку, коли насоси встановлюються вище рівня води в джерелі (резервуарі), необхідно передбачити систему для заливання насосів водою (перед включенням їх у роботу).

Заливання насосів водою може бути виконана за трьома схемами:

- а) заливання насоса з напірного трубопроводу по обвідній трубі при наявності прийомного клапана на початку всмоктувальної труби. У зв'язку зі значними опорами на вході у всмоктувальну трубу прийомні клапани допускається встановлювати на трубопроводах діаметром до 200 мм на насосних станціях III класу;
- б) заливання за допомогою струминного насоса (ежектора) (робота на забрудненій воді);
- в) заливання насоса за допомогою вакуум - насоса (робота на чистій воді). Вакуум-насос автоматизує систему заливання і пуск насоса. Звичайно встановлюють два вакууми - насоси (один - робочий, другий - резервний). Подачу вакуум-насоса, Q (м³/хв) визначають за формулою

$$Q_v = \frac{(W_{tp} + W_n) \cdot h_{at}}{t(h_{at} - h_{bc})} \cdot k.$$

Тут W_{tp} - обсяг повітря у всмоктувальній трубі, м³; W_n - обсяг повітря в корпусі насоса, м³; h_{at} - атмосферний тиск, м ($h_{at} \approx 10$ м); h_{bc} - геометрична висота насоса, м; t - час для створення розрахункового вакууму: $t =$ до 2 хв - для протипожежних насосів; $t = 3-5$ хв - для господарських насосів; k - коефіцієнт запасу на витікання повітря через нещільності системи ($k = 1.05-1.10$).

1.1.3.3. СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ (СТВ)

СТВ забезпечує роботу охолоджувачів електродвигунів, гідроуцільнення сальників насосів, насосів, охолодження компресорних установок, трансформаторів з водяним охолодженням і т.д.

Технічна вода повинна бути хімічно чистою, що може бути забезпечено місцевими очисними установками: відстійниками, фільтрами. Вода може також забиратися з джерела чи напірного трубопроводу. Діаметр трубопроводів технічного водопостачання $d_y \approx 100-150$ мм.

1.1.3.4. ДРЕНАЖНІ СИСТЕМИ. СИСТЕМИ ОСУШЕННЯ

Дренажні системи призначені для відкачування з приміщення станції фільтраційної води, що просочується через сальники насосів, і пролітої при аваріях у період ремонтних робіт.

В підлозі машинного залу станції, у торці будівлі, влаштовують збірний дренажний колодязь (об'єм його дорівнює 10-15- хвилинній подачі дренажного насоса), до якого підводиться вода дренажними лотками (підлога машинного залу має ухил убік лотків (0.002- 0.0005)).

Воду відкачують за межі станції дренажними насосами (вихрові чи відцентрові), продуктивність яких складає:

- для станцій малої потужності $Q = 1$ л/с;
- середньої потужності $Q = 3.5-5$ л/с;
- великої потужності $Q = 8-10$ л/с.

Систему осушення застосовують для видалення води з всмоктувальних трубопроводів і насосів, а також з приміщення, розташованих нижче рівня води в нижньому б'єфі станції. Звичайно встановлюють два робочі насоси (відцентрові горизонтальні типу К чи артезіанського).

Осушувальні насоси встановлюють поряд з дренажними. На великих станціях осушувальні насоси виконують також функції дренажних.

1.1.3.5. СИСТЕМА ВИДАЛЕННЯ ОСАДУ З ВОДОПРИЙМАЛЬНИХ КАМЕР

У водоприймальних камерах влаштовують приямок, де розташовують всмоктувальні труби водострумних чи фекальних насосів (підлогу камери виконують з ухилом убік приямку), встановлюваних у машинному залі станції чи на перекритті прийомних камер.

Витрату осаду приймають рівною 3 – 8 л/с.

1.1.3.6. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА АПАРАТУРА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Контролю підлягають:

- а) основні технологічні параметри: подача, тиск (напір), вакуум у всмоктувальній лінії, рівень води в джерелі, перепад рівнів, утрати напору, температура і т.д.

б) основні електричні параметри: коефіцієнт потужності $\cos\phi$, частота струму і т.д.

Подачу станції виміряють:

- а) витратомірами – за виміром швидкості;
- б) витратомірами – за перепадом тиску.

Швидкісні водоміри (крильчасті й турбінні водолічильники) засновані на вимірі витрати рідини вертушкою, що приводиться в обертання потоком води.

Вимір витрати за перепадом тиску виконують за допомогою звужуючих пристроїв: діафрагми нормальні (камерні ДКН і дискові ДДН), сопла нормальні, сопла Вентури і т.д.

Тиск і вакуум виміряють диференціальними манометрами (дифманометрами):

- витратоміри;
- перепадомери;
- рівнеміри;
- дифманометри;
- поплавкові;
- мембранні;
- сильфонні.

На них установлюють:

- вакуумметр (мановакуумметр) на всмоктувальному патрубку;
- манометр на напірному патрубку;
- амперметр, вольтметр, ваттметр;
- показчик рівня масла в підшипниках з рідинним змащенням;
- манометр тиску масла перед підшипниками;
- термометр температури масла, що входить у підшипники і виходить з них;
- водомір на кожній напірній лінії (вказуючий і записуючий).

У машинному залі станції встановлюють: показчики рівня води в резервуарах, телерівнеміри та інші прилади.

1.2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Вибір основного устаткування (насосів і двигунів) визначається призначенням і режимом роботи насосної станції в системі водопостачання.

Насосні станції водопостачання розрізняють за призначенням і розташуванням в системі:

- насосні станції II підйому (НС II) ;
- насосні станції I підйому (НС I) ;
- підвищуючі;
- циркуляційні.

Вибір насосних агрегатів виконують за основними розрахунковими параметрами: подачі Q і напору H , що встановлюються гідравлічним розрахунком системи.

Система перекачування рідини являє собою взаємозалежні елементи: "джерело водопостачання (резервуар) – насосна станція – водоспоживач".

Режим роботи і подача насосної станції визначаються режимом споживання. При визначенні основних параметрів насосної станції вирішують питання розміщення і трасування всмоктувальних і напірних комунікацій з урахуванням наявних рекомендацій [1], підбирають їхні діаметри.

Вихідні дані проектування (задані чи попередньо встановлені):

- витрата води в добу максимального водоспоживання, $m^3/доб.$, $Q_{доб}^{макс}$;
- витрата води за годину, $m^3/год$, максимального $Q_{час}^{макс}$, середнього $Q_{час}^{cp}$ і мінімального $Q_{час}^{мин}$ водоспоживання за добу $Q_{доб}^{макс}$;
- витрата води на потреби пожежогасіння, $m^3/год$, Q_p , і прийнята система (низького чи високого тиску);
- позначка розрахункових рівнів води в джерелі, m , $Z_{ист}$;
- позначка рівня води в споживача, m , Z_n ;
- гідравлічна характеристика трубопроводів $Q - H_{тр}$.

У цьому посібнику розглянута робота насосних станцій I і II підйому господарсько - питних систем водопостачання.

1.2.1. НАСОСНІ СТАНЦІЇ І ПІДЙОМУ

У господарсько-питних системах водопостачання міст подача води насосами НСІ може здійснюватися за однією з трьох схем:

1. Насосна станція подає воду з поверхневого джерела на очисні споруди (схема 1).
2. Насосна станція подає воду з підземного джерела в резервуари чистої води (РЧВ) (схема 2).
3. Насосна станція подає воду з підземного джерела безпосередньо споживачу (в мережу) (схема 3).

Через високу якість артезіанської води (підземне джерело) і відповідності її вимогам ДСТ 2874-82 у господарсько-питних системах можуть бути відсутніми очисні споруди (схеми 2, 3).

Схема I. Подача води з джерела на очисні споруди (див. рис. 1.11)

Режим роботи насосної станції так само, як і режим роботи очисних споруд, рівномірний. Станція розраховується на середню годинну подачу води.

Середня годинна подача насосної станції, $m^3/год$

$$Q_c = \frac{\alpha Q_{\text{сум}}^{\text{макс}}}{T}, \quad (1.13)$$

де $\alpha = 1,04 \dots 1,10$ – коефіцієнт витрати води на власні потреби станції (промивання ґрат, сіток, фільтрів і т.д.); при продуктивності системи більше 20000 м³/доб. $\alpha = 1,05$. $Q_{\text{сум}}^{\text{макс}}$ – максимальна добова витрата води, м³/доб.

T – тривалість роботи насосної станції в добу, ч (звичайно T=24 год).

Середня секундна подача насосної станції, л/с,

$$Q_c = \frac{Q_c \cdot 1000}{3600}. \quad (1.14)$$

Повний напір насосів, м,

$$H = H_r + h_{\text{wbc}} + h_{\text{wh}} + 1, \quad (1.15)$$

де $H_r = Z_{\text{см}} - Z_{\text{унв}}$ – геометричний напір, м; $Z_{\text{см}}$ – оцінка рівня води в змішувачі очисних споруд, м; $Z_{\text{унв}}$ – оцінка рівня низьких вод у джерелі, м; h_{wbc} – втрати напору в усмоктувальних трубах, м; h_{wh} – втрати напору в напірних трубах, м; 1 – запас напору, м.

Втрати напору у всмоктувальних і напірних трубопроводах визначають після підбору діаметрів відповідно до наявних рекомендацій.

У насосних станціях I підйому число всмоктувальних труб приймають рівним числу робочих насосів. Так, у системах з двома робочими насосами діаметр кожної з всмоктувальних труб підбирають на розрахункову витрату $Q_p = 0.5 Q_c$, де Q_c визначають за формулою (1.14).

Для забезпечення безперебійної роботи системи виконують перевірку діаметра на повну секундну витрату $Q_p = Q_c$.

У насосних станціях I підйому, як правило, приймають два напірних трубопроводи, діаметри кожного з яких підбирають, виходячи з витрати $Q_p = 0.5 Q_c$.

Схема 2. Подача води з підземного джерела в резервуари чистої води (рис.1.12)

Рекомендується при використанні артезіанських чи підруслових вод. Режим роботи насосної станції рівномірний, цілодобовий.

Станція розраховується на годинну подачу води.

Годинна подача насосної станції, м³/год:

$$Q_c = \frac{\alpha_1 \cdot Q}{24}. \quad (1.16)$$

де α_1 – коефіцієнт витрати на власні потреби водопроводу ($\alpha_1 = 1,01 \dots 1,02$); $Q_{\text{сум}}^{\text{макс}}$ – максимальна добова витрата води, м³/доб.

Секундна подача насосної станції, м³/с $Q_c = \frac{Q_c \cdot 1000}{3600}. \quad (1.17)$

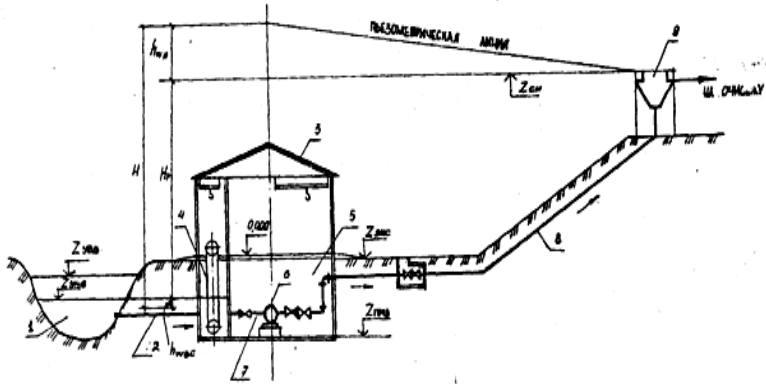


Рис. 1.11 - Схема подачі води з джерела на очисні спорудження
 1 – джерело водопостачання; 2 – самопливні труби; 3 – насосна станція I підйому; 4 – сітка; 5 – машинний зал станції; 6 – насосний агрегат;
 7 – всмоктувальні труби; 8 – напірні труби; 9 – змішувач очисних споруд.

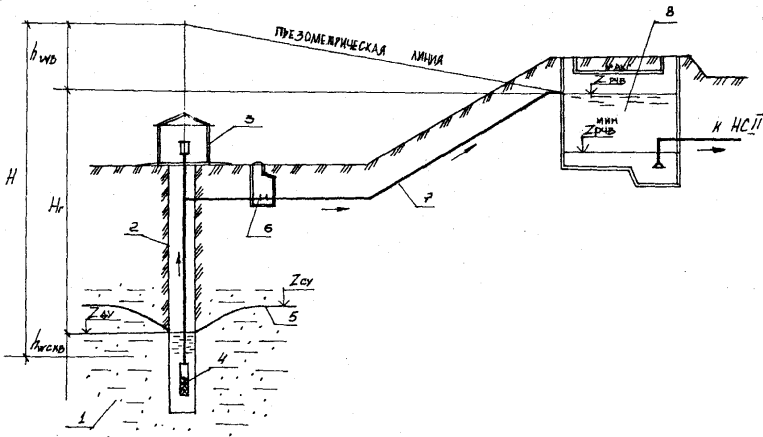


Рис. 1.12 - Схема подачі підземних вод у резервуари чистої води
 1 – водоносний шар; 2 – трубчастий колодязь (бурова свердловина)
 3 – насосна станція I підйому; 4 – насосний агрегат; 5 – депресійна воронка; 6 – витратоміри

Повний напір насосів, м,

$$H = H_c + h_{всгк} + h_{wy} + I, \quad (1.18)$$

де $H_z = Z_{pчв}^{макс} + Z_{\partial y}$ - геометричний напір, м; $Z_{pчв}^{макс}$ - позначка максимального рівня води в резервуарах чистої води, м; $Z_{\partial y}$ - позначка динамічного рівня води в шпарі, м (рівень води в свердловині при відкачці); $h_{вскв}$ - втрати напору в шпарі при вході води в заглибний насос, м; $h_{w y}$ - втрати напору у водоводі, м.

Втрати напору визначають після встановлення діаметрів труб.

С х е м а 3. Подача води з підземного джерела в мережу (рис. 1.13)

Рекомендується при використанні артезіанських вод.

Режим роботи станції рівномірний, цілодобовий.

Подача насосної станції визначається за формулою:

Повний напір насосів, м,

$$H = H_z + h_{w скв} + h_{w н} + H_{св}, \quad (1.19)$$

де $H_z = Z_c - Z_{\partial y}$ - геометричний напір, м; Z_c - позначка землі на початку водогінної мережі, м; $Z_{\partial y}$ - позначка динамічного рівня води в шпарі, м; $h_{w скв}$ - втрати напору води в свердловині при вході води в заглибний насос, м; $h_{w н}$ - втрати напору в напірних трубах, м; $H_{св}$ - необхідний вільний напір на початку мережі, м (визначається розрахунком водогінної мережі міста).

Втрати напору визначаються після підбору діаметрів труб.

1.2.2. НАСОСНІ СТАНЦІ П ПІДЙОМУ

У господарсько-питних системах водопостачання міст подача води насосами НСП може здійснюватися за трьома схемами:

1. Насосна станція подає воду з резервуарів чистої води (РЧВ) по водоводу безпосередньо у водогінну мережу міста.
2. Насосна станція подає воду з резервуарів чистої води по водоводах у напірно-регулюючу споруду (водонапірну башту), що знаходиться на початку мережі.
3. Насосна станція подає воду з резервуарів чистої води за водоводами у водогінну мережу з контррезервуаром (водонапірна вежа наприкінці мережі).

У всіх випадках режим роботи насосної станції П підйому визначається режимом водоспоживання населеного пункту.

Режим водоспоживання в містах нерівномірний як протягом року, так і протягом доби, що враховується за допомогою коефіцієнтів нерівномірності $K_{доб}$ і $K_{год}$.

Вивчення й аналіз режиму водоспоживання населених пунктів різного типу дозволив скласти графіки добового водоспоживання (рис. 1.14).

У кожному з графіків відношення його максимальної ординати $q_{ч}^{макс}$ до середнього $q_{ч}^{ср} = 100/24 = 4.17\%$ дає величину коефіцієнта годинної нерівномірності $K_{час}$.

У табл. 1.4. наведено витрати води в окремі години доби (у відсотках добової витрати) для графіків, приведених у дод. 2.

Таблиця 1.4.

Години доби	Годинна витрата води, % $Q_{сут}$ при $K_{год}$					
	1,25	1,35	1,50	1,60	1,70	1,80
0-1	3,35	3,00	1,50	1,55	1,25	1,30
1-2	3,32	3,20	1,50	1,55	1,25	1,30
2-3	3,30	2,50	1,50	1,55	1,25	1,30
3-4	3,20	2,60	1,50	1,55	1,25	1,30
4-5	3,25	3,50	2,50	2,60	2,60	1,30
5-6	3,40	4,10	3,50	4,15	4,15	3,50
6-7	3,85	4,50	4,50	5,70	5,70	7,00
7-8	4,45	4,90	5,50	5,70	5,70	7,50
8-9	5,20	4,90	6,25	6,70	7,05	7,50
9-10	5,05	5,60	6,25	6,70	7,05	7,50
10-11	4,85	4,90	6,25	5,70	5,70	6,50
11-12	4,60	4,70	6,25	4,15	4,15	5,20
12-13	4,60	4,40	5,00	4,15	4,15	3,60
13-14	4,55	4,10	5,00	5,70	5,70	3,60
14-15	4,75	4,10	5,50	6,70	7,05	4,00
15-16	4,70	4,40	6,00	6,30	7,05	5,60
16-17	4,65	4,30	6,00	5,70	5,70	6,20
17-18	4,35	4,10	5,50	5,70	5,70	6,20
18-19	4,40	4,50	5,00	4,15	4,15	6,20
19-20	4,30	4,50	4,50	4,15	4,15	5,20
20-21	4,30	4,50	4,00	4,15	4,15	3,40
21-22	4,20	4,80	3,00	2,60	2,60	2,20
22-23	3,75	4,60	2,00	1,55	1,25	1,30
23-24	3,70	3,30	1,50	1,55	1,25	1,30
Разом	100	100	100	100	100	100

Величина $K_{год}$ звичайно менше для великих міст і більше - для невеликих.

Режим роботи насосів насосної станції II підйому може бути:

- рівномірним (цілодобова робота);
- нерівномірним (східчаста робота).

Східчастою називається робота різного числа насосів у різні години доби.

Рівномірний режим роботи насосів рекомендується для систем водопостачання з подачею води не більше 15 тис. м³/доб.

Найбільше поширення в практиці проектування насосних станцій II підйому одержала дво- чи тріступінчаста робота насосів.

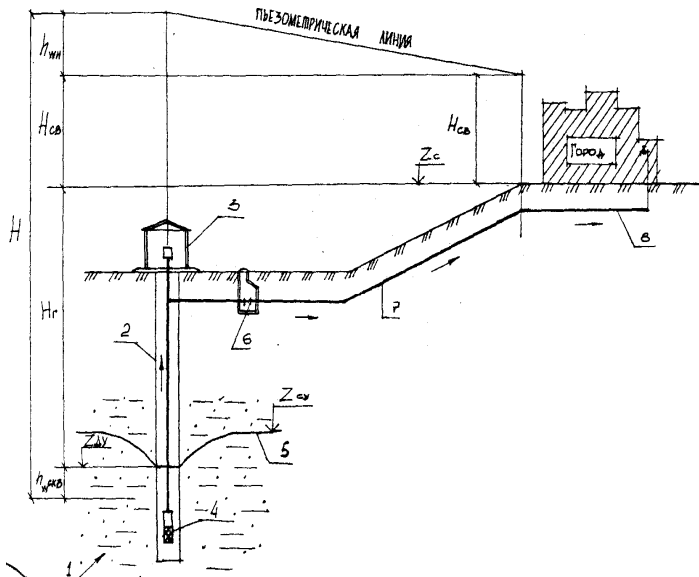


Рис.1 13 - Схема подачі підземних вод у систему водопостачання міста:
 1 – водоносний шар; 2 – трубчастий колодязь (бурова свердловина); 3 – насосна станція I підйому; 4 – насосний агрегат; 5 – деприсионна воронка; 6 – витратоміри; 7 – напірні труби (водоводи); 8 – водопровідна мережа міста

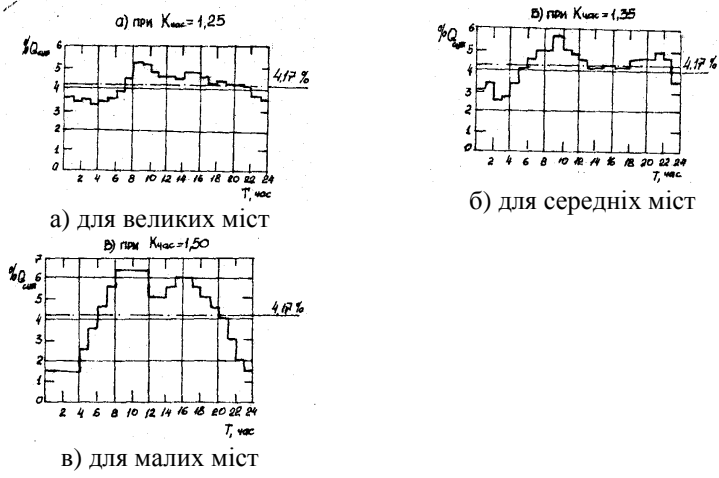


Рис. 1.14 - Графіки добового водоспоживання

Схема 1. Подача води з РЧВ у водопровідну мережу міста (рис. 1.15)

Режим роботи насосної станції визначається залежно від режиму водоспоживання населеного пункту. При заданій величині $K_{\text{година}}$ вивчають сполучений графік добового водоспоживання населеного пункту і східчастої роботи насосної станції. Приймають дво- чи три-ступінчасту роботу насосів. Аналізують забезпеченість подачі в різні години доби.

У системах водопостачання без напірно-регулюючих ємкостей насоси кожного ступеня підбирають з розрахунку на годину найбільшого водоспоживання в добу максимального водоспоживання.

Розглянемо режим роботи насосної станції в системі водопостачання середнього за величиною населеного пункту з коефіцієнтом годинної нерівномірності водоспоживання $K_{\text{год}} = 1,35$.

Відповідно до завдання на рис. 1.16 приведений графік добового водоспоживання міста в координатах:

- вісь абсцис - число годин у добі, T , год.;
- вісь ординат – годинна витрата води в % максимального добового водоспоживання, %.

Суцільна лінія на полі графіка (рис. 1.16) відповідає режиму максимального водоспоживання в населеному пункті за добу.

При двоступінчастій роботі насосної станції подача води насосами представлена на полі графіка пунктирною лінією.

Насоси I ступеня працюють з 23 до 6 годин і подають у щогодини $q_{\text{час I}} = 4.10\% Q_{\text{сут}}^{\text{макс}}$.

Насоси II ступеня працюють з 6 до 23 годин і подають у щогодини $q_{\text{час II}} = 5.60\% Q_{\text{сут}}^{\text{макс}}$.

Визначають максимальну продуктивність $Q^{\text{макс}}$ кожної групи робочих насосів (годинна і секундна).

Г р у п а. Максимальна годинна продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$

$$\text{Максимальна секундна продуктивність, л/с} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{макс}} \cdot q_{\text{час I}}}{100} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{макс}} \cdot 4.10}{100} \quad (1.20)$$

$$Q_{\text{с I}}^{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{макс}} \cdot 1000}{3600} \quad (1.21)$$

Г р у п а. Максимальна годинна продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$

$$Q_{\text{ч II}}^{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{макс}} \cdot q_{\text{час II}}}{100} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{макс}} \cdot 5.60}{100} \quad (1.22)$$

Максимальна секундна продуктивність, л/с

$$Q_{\text{с II}}^{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{макс}} \cdot 1000}{3600} \quad (1.23)$$

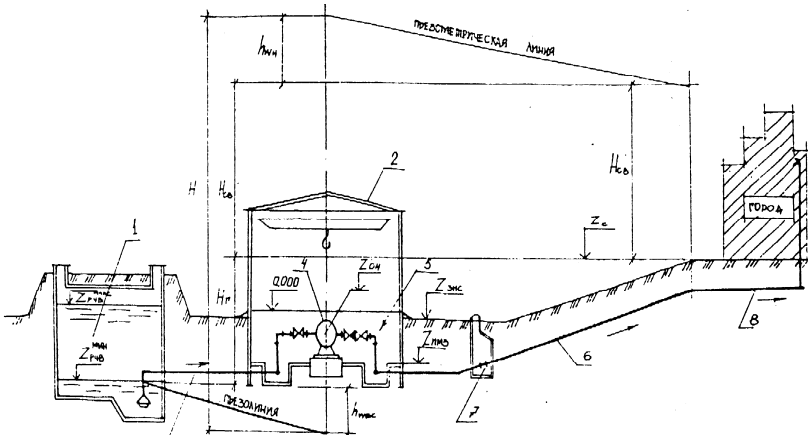


Рис. 1.15 – Схема подачі води з РЧВ в водопровідну мережу міста: 1 – резервуар чистої води (РЧВ); 2 – насосна станція II підйому (НС II); 3 – всмоктуючі труби; 4 – насосні агрегати; 5 – машинний зал станції; 6 – напірні труби (водоводи); 7 – витратоміри; 8 – водопровідна мережа міста

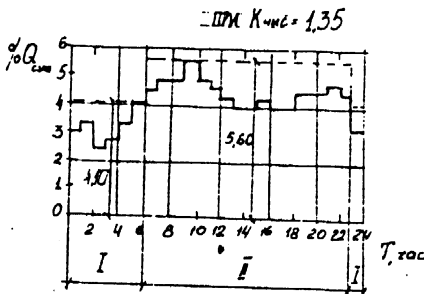


Рис. 1.16 - Сполучений графік водоспоживання і подачі води насосною станцією: I – години роботи I ступеня насосів; II – години роботи II ступеня насосів; --- водоспоживання міста; ---- подача НСП в місто.

Повний напір насосів, м,

$$H = H_{\Gamma} + h_{wbc} + h_{wh} + H_{cb} \quad (1.24)$$

де $H_{\Gamma} = Z_c - Z_{рчв}^{мин}$ - геометричний напір, м; Z_c - оцінка землі на початку водогінної мережі, м; $Z_{рчв}^{мин}$ - оцінка мінімального рівня води в РЧВ, м; h_{wbc} - втрати напору у всмоктувальних трубах, м; h_{wh} - втрати напору в напірних трубах (водоводах), м; H_{cb} - необхідний вільний напір на початку мережі, м.

Втрати напору визначають після підбору діаметрів труб. [3]

Аналіз роботи НСП за схемою I виконують на два розрахункових випадки:

- максимального водоспоживання міста;
- гасіння пожежі.

У насосних станціях II підйому число всмоктувальних труб приймають не менше двох. Так, у системах з двома всмоктувальними трубопроводами кожний з них розраховують на витрату

$$Q_p = 0,5 Q_{cII}^{\text{макс}},$$

де $Q_{cII}^{\text{макс}}$ визначають за формулою (1.23) для групи насосів з максимальною годинною витратою води.

У насосних станціях II підйому приймають два напірних трубопроводи, кожний з яких розраховують на ту ж витрату, що й всмоктувальні труби.

Схема 2. Подача води з РЧВ у систему з вежею на початку мережі (рис.1.17)

Режим роботи насосної станції визначають залежно від режиму водоспоживання міста.

При заданій величині $K_{\text{час}}$ визначення подачі і вибір режиму роботи насосної станції виконують за табл. 1.5 або за графіком добового водоспоживання міста і східчастої роботи станції (рис. 1.18).

У системах водопостачання з напірно-регулюючою спорудою графік східчастої роботи насосів наближають до графіка добового водоспоживання. При цьому максимальну подачу насосної станції приймають менше максимальних годинних витрат води в системі.

При подачі води насосами II підйому, що перевищує водоспоживання в ці години доби, надлишок води надходить у ємкість, що акумулює (водонапірну башту).

У години доби, коли водоспоживання перевищує подачу, що бракує кількість води надходить у мережу з ємкості, що акумулює.

При визначенні подачі насосної станції II підйому необхідно знайти оптимальний варіант режиму її роботи- мінімальну місткість ємкості, що акумулює, і найменшу частоту включення насосних агрегатів.

При східчастій роботі насосної станції об'єм ємкості, що акумулює, звичайно приймають рівним 2,...6,0% добової подачі станції, а при рівномірної - 8...15 ...15 %.

Регулююча ємкість дорівнює максимальному залишку в баці. При негативних і позитивних величинах залишку регулююча ємкість дорівнює сумі абсолютних величин максимальної негативної і максимальної позитивної.

При двоступінчастій роботі насосної станції (пунктирна лінія на графіку рис. 1.18) подача води в мережу відбувається в такому режимі:

- насоси I ступеня працюють з 0 до 4-х годин і подають щогодини $Q_{\text{час}} = 2,50 \% Q_{\text{сут}}$;
- насоси II ступені працюють з 4 до 24 годин і подають у щогодини $q_{\text{часII}} = 4,50 \% Q_{\text{сут}}$.

Таблиця 1.5

Години доби	Годинне водоспоживання	Подача насосами	Надходження в бак	Витрата з бака	Залишок у баці
0-1	3,00	2,50	-	0,50	1,90
1-2	3,20	2,50	-	0,70	1,20
2-3	2,50	2,50	-	-	1,20
3-4	2,60	2,50	-	0,10	1,10
4-5	3,50	4,50	1,00	-	2,10
5-6	4,10	4,50	0,40	-	2,50
6-7	4,50	4,50	-	-	2,50
7-8	4,90	4,50	-	0,40	2,10
8-9	4,90	4,50	-	0,40	1,70
9-10	5,60	4,50	-	1,10	0,60
10-11	4,90	4,50	-	0,40	0,20
11-12	4,70	4,50	-	0,20	-
12-13	4,40	4,50	0,10	-	0,10
13-14	4,10	4,50	0,40	-	0,50
14-15	4,10	4,50	0,40	-	0,90
15-16	4,40	4,50	0,10	-	1,00
16-17	4,30	4,50	0,20	-	1,20
17-18	4,10	4,50	0,40	-	1,60
18-19	4,50	4,50	-	-	1,60
19-20	4,50	4,50	-	-	1,60
20-21	4,50	4,50	-	-	1,60
21- 22	4,60	4,50	-	0,30	1,30
22-23	4,60	4,50	-	0,10	1,20
23-24	3,30	4,50	1,20	-	2,40
Разом:	100	100	4,2	4,2	-

Визначають максимальну продуктивність кожної групи робочих насосів (годинна і секундна).

Г р у п а. Максимальна годинна продуктивність, м³/год

$$Q_{чI}^{\max} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\max} \cdot 2,50}{100}. \quad (1.25)$$

Максимальну секундну продуктивність, л/с знаходять за формулою (1.21)

П г р у п а. Максимальна годинна продуктивність, м³/год

$$Q_{чII}^{\max} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\max} \cdot 4,50}{100}. \quad (1.26)$$

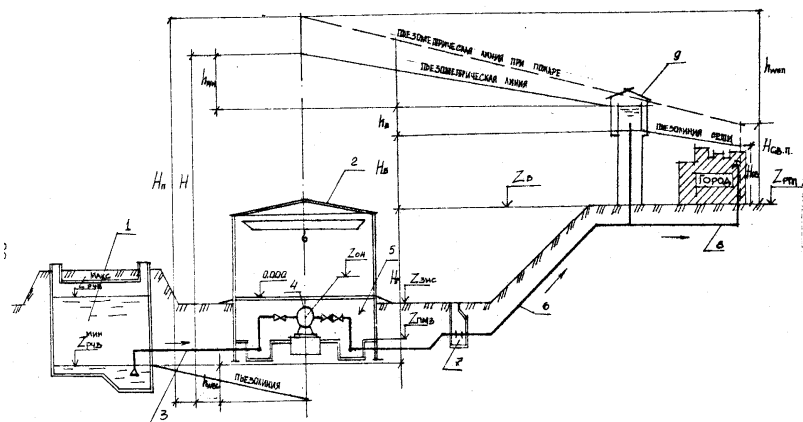


Рис. 1.17 – Схема подачі води з РЧВ у систему з вежею на початку мережі.
 1 – резервуар чистої води (РЧВ); 2 – насосна станція II підйому (НС II); 3 – всмоктуючі труби; 4 – насосні агрегати; 5 – машинний зал станції; 6 – напірні труби (водоводи); 7 – витратоміри; 8 – водопровідна мережа міста; 9 – водонапірна вежа

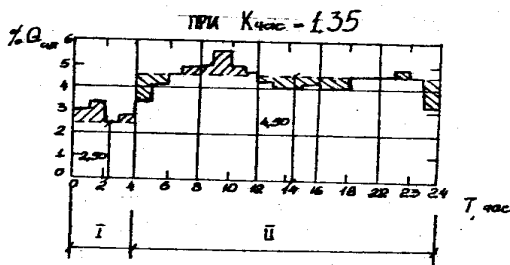


Рис. 1.18 - Сполучений графік водоспоживання і подачі води насосної станції:

I - години роботи I ступеня насосів; II - години роботи II ступеня насосів; - водоспоживання міста; - - подача НС II у місто
 Максимальну секундну продуктивність, л/с визначають за формулою (1.23)

Повний напір насосів, м,

$$H = H_z + H_B + h + h_{W_{вс}} + h_{W_n}, \quad (1.27)$$

де $H_z = Z_B - Z_{рчв}^{мин}$ - геометричний напір, м; Z_B - позначка землі у водонапірної башні, м; $Z_{рчв}^{мин}$ - оцінка мінімального рівня води в РЧВ, м; H_B - висота водонапірної башні, м; h - висота баків водонапірної башні, м; $h_{W_{вс}}$ - втрати напору у всмоктувальних трубах, м; h_{W_n} - втрати напору в напірних трубах, м.

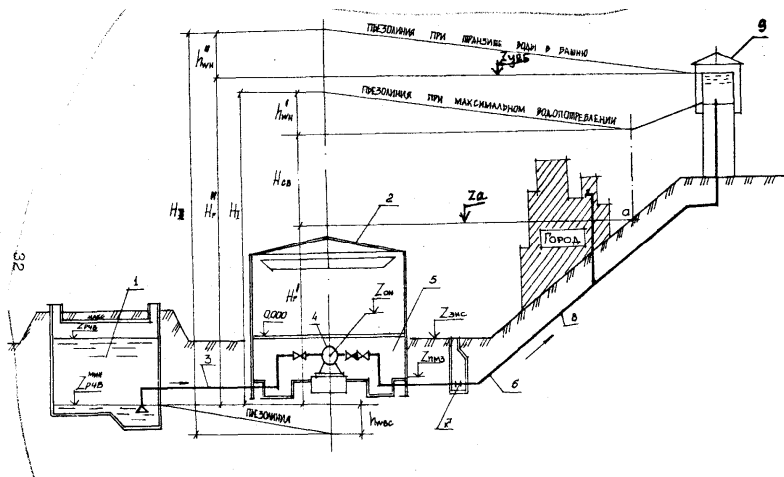


Рис. 1.19 – Схема подачі води з РЧВ у систему з контррезервуаром: 1 – резервуар чистої води (РЧВ); 2 – насосна станція II підйому (НС II); 3 – всмоктуючі труби; 4 – насосні агрегати; 5 – машинний зал станції; 6 – напірні труби (водоводи); 7 – витратоміри; 8 – водопровід на мережа міста; 9 – водонапірна вежа (контррезервуар).

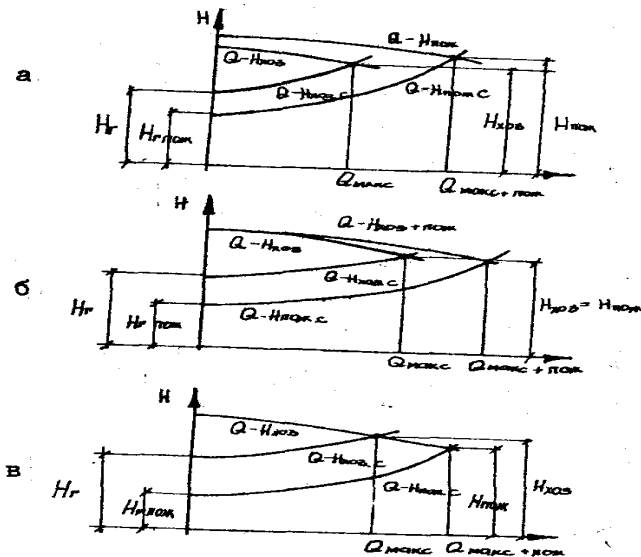


Рис. 1.20 - Характеристики спільної роботи насосної станції і мережі при пожежі

Втрати напору h_{wbc} і h_{wh} визначають після підбору діаметрів труб.

Аналіз роботи НСП за схемою 2 виконують у двох розрахункових випадках:

- максимального водоспоживання;
- гасіння пожежі в місті.

С х е м а 3. Подача води з РЧВ у систему з контр резервуарами (рис 1.19.)

Визначення режиму роботи насосної станції, ємкості баків регулюючих споруд, необхідної продуктивності груп робочих насосів виконують аналогічно схемі 2.

При визначенні розрахункових напорів насосів у системах з контррезервуаром треба враховувати режим роботи насосної станції, різний при максимальному і мінімальному водоспоживанні.

У години максимального водоспоживання в точку водогінної мережі, що диктує (точку сходу а) частина води надходить з насосної станції, а інша частина - з водонапірної башти.

Повний напір, м,

$$H_I = H'_{\text{м}} + h_{wbc} + h'_{wh} + H_{ce} \quad (1.28)$$

де $H'_{\text{м}} = Z_a + Z^{\text{мин}}$ - геометричний напір, м; Z_a - оцінка точки сходу (диктуючої крапки мережі); $Z_{\text{РЧВ}}^{\text{мин}}$ - відмітка мінімального рівня води в РЧВ, м; h_{wbc} - втрати напору у всмоктувальних трубах, м; h'_{wh} - втрати напору у водоводах і мережі на ділянці від НСП до точки сходу, м; H_{ce} - вільний напір у мережі, м.

Втрати напору h_{wbc} і h'_{wh} визначаються після підбору діаметрів труб [3].

У години мінімального водоспоживання надлишок води, поданий насосами НС II у мережу, надходить транзитом у вежу.

Повний напір, м

$$H_{II} = H''_{\text{м}} + h_{wbc} + h''_{wh} \quad (1.29)$$

де $H''_{\text{м}} = Z_{ybb} - Z_{\text{РЧВ}}^{\text{мин}}$ - геометричний напір, м; Z_{ybb} - оцінка розрахункового рівня води в баці водонапірної башти, м; $Z_{\text{РЧВ}}^{\text{мин}}$ - відмітка мінімального рівня в РЧВ, м; h_{wbc} - втрати напору у всмоктувальних трубах, м; h''_{wh} - втрати напору в трубах на ділянці від НСП до водонапірної башти, м.

Втрати напору h_{wbc} і h''_{wh} визначають після підбору діаметрів труб [3].

Напір насосів слід приймати рівним найбільшому з отриманих з розрахунку. Як правило, найбільшим є напір при транзитній подачі води у вежу.

Аналіз роботи НС II за схемою 3 виконують у трьох випадках:

- 1) максимальне водоспоживання;
- 2) транзитна подача води в контррезервуар;
- 3) гасіння пожежі в місті.

1.2.3. РЕЖИМ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ПРИ ПОЖЕЖІ

При проектуванні систем водопостачання міст усі спорудження, у тому числі насосні станції, повинні бути розраховані на подачу води для гасіння пожежі, запас якої знаходиться в резервуарах чистої води. Протипожежні водопроводи, як правило, поєднуються з господарсько-питними за способами гасіння пожежі розрізняють водопроводи високого і низького тиску. Перша система застосовується звичайно на промислових об'єктах, друга – у населених пунктах.

У водопроводах низького тиску підвищення напору виробляється на час гасіння пожежі. Напір для одержання пожежних струменів у цих місцях мережі створюється пересувними пожежними насосами, подвозюючими до місця пожежі і забираючими воду з мережі через вуличні гідранти, при цьому напір у будь-якій крапці мережі повинний бути не менш 10 м.

Під час гасіння пожежі насосна станція II підйому повинна збільшити не тільки кількість подаваної води (подача насосів Q_c), але в деяких випадках і напір H .

Для цього на насосних станціях II підйому передбачається розміщення спеціальних пожежних насосів, що включаються в роботу при виникненні пожежі замість господарських чи насосів на додаток до них.

Повний напір насосів у момент пожежі, м (див. рис. 1.17)

$$H_n = H_{zn} + h_{wecn} + h_{wnn} + H_{cвп}, \quad (1.30)$$

де $H_n = Z_{pmn} - Z_{pчв}^{мин}$ - геометричний напір при пожежі, м; Z_{pmn} - оцінка землі в розрахунковій точці пожежі (РТП), м; $Z_{pчв}^{мин}$ - оцінка мінімального рівня води в РЧВ, м; h_{wecn} - втрати напору у всмоктувальній трубі при пожежі, м; h_{wnn} - втрати напору у водоводах і мережі при пожежі на ділянці від НСП до розрахункової точки пожежі, м; $H_{cвп}$ - вільний напір у розрахунковій точці пожежі, м: ($H \geq 10$ м вод.ст.).

На схемі (рис. 1.17) пунктирною лінією показана п'єзометрична лінія в напірних комунікаціях від НС II до РТП при пожежі.

П'єзометрична лінія при пожежі може пройти нижче чи вище рівня води в баці водонапірної башти. При цьому на період пожежі вежу відключають.

Залежно від співвідношення втрат напору h_{wnn} і величини вільного напору $H_{cвп}$, напір насосів при пожежі H_n може бути більше, дорівнювати чи менше напору в системі при максимальному водоспоживанні H .

При розрахунку водопроводів на випадок пожежі припускають, що пожежа може виникнути в годину максимального водоспоживання міста, у найбільш вилучених від джерел живлення і високо розташованих точках території міста (розрахункову точку пожежі РТП).

Насосні станції II підйому в момент виникнення пожежі повинні забезпечити в місті подачу Q'_c , л/с, рівну сумі двох величин

$$Q'_c = Q_c^{\max} + Q_n, \quad (1.31)$$

де Q_c^{\max} – максимальна секундна подача НС II в годину максимального водоспоживання, л/с, знаходять за формулою (1.23); Q_n – секунд-на подача НСП при розрахунковій витраті води на гасіння пожежі, л/с.

Розрахункову витрату води на зовнішнє пожежогашіння в населеннях пунктах приймають відповідно до вимог СНіП залежно від числа жителів і поверховості будинків у місті за допомогою табл.1.6.

$$N_{ж} = \frac{Q_{сут} \cdot 1000}{q_{ж}}, \quad (1.32)$$

де $Q_{сут}$ – розрахункова (середня за рік) добова витрата води на господарсько-питні потреби в місті, м³/доб:

Таблиця 1.6

Число жителів у населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на одну пожежу, л/с	
		Будинку висотою до 2-х поверхів	Забудова будинками 3 поверхів і вище
До 1	1	5	10
Св. 1 до 5	1	10	10
10 10	1	10	15
10 25	2	10	15
25 50	2	20	25
50 100	2	25	35
100 200	3	-	40
200 300	3	-	55
300 400	3	-	70
400 500	3	-	80
500 600	3	-	85
600 700	3	-	90
700 800	3	-	95
800 1000	3	-	100

Розрахункова кількість мешканців у місті, чол.,

$$Q_{сут} = \frac{Q_{сут}^{\max}}{K_{сут}^{\max}};$$

Тут $Q_{сут}^{\max}$ – витрата води за добу максимального водоспоживання, м³/доб; $K_{сут}^{\max}$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання

(приймається $K_{\text{доб}}^{\text{макс}} = 1,1 \dots 1,3$); $q_{\text{жс}}$ - питоме середньодобове (за рік) водоспоживання на господарсько-питні потреби населення, л/доб, чол.; приймається в залежності від рівня благоустрою будинків та інших умов (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Рівень благоустрою районів житлової забудови	Питоме господарсько-питне водоспоживання в населених пунктах на одного жителя середньодобове (за рік), $q_{\text{ж}}$ л/доб
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією без ванн	125 – 160
з ванними і місцевими водонагрівачами	160 – 230
з централізованим гарячим водопостачанням	230 – 350

При відомому числі жителів і прийнятому характері районів житлової забудови міста за табл. 1.6 визначають розрахункові дані щодо витрати води на зовнішнє пожежогасіння: n – розрахункова кількість одночасних пожеж; $q_{\text{п}}$ – витрата води на одну пожежу, л/с.

Секундна подача насосів НСП на гасіння пожежі, л/с,

$$Q_{\text{п}} = n q_{\text{п}} \quad (1.33)$$

При визначенні режиму роботи насосів НСП у момент виникнення пожежі розглядають три основних випадки, що розрізняються співвідношеннями необхідного напору при пожежі $H_{\text{п}}$ і напору, що розвивається господарськими насосами H :

- 1) $H_{\text{п}} > H$;
- 2) $H_{\text{п}} = H$;
- 3) $H_{\text{п}} < H$.

Характеристики спільної роботи насосів і водогінної мережі в господарському режимі роботи Q - $H_{\text{хоз}}$ і при виникненні пожежі Q - $H_{\text{пож}}$ приведені на рис.1.20.

Випадок 1. Необхідний напір при пожежогасінні $H_{\text{п}}$ більше напору господарських насосів H (мал. 1.20, а). У НСП встановлюють протипожежні насоси необхідної подачі $Q_{\text{п}}$ і напору $H_{\text{п}}$, що включаються в момент виникнення пожежі і забезпечують у місті максимальне водоспоживання $Q_{\text{с}}^{\text{макс}}$ і протипожежну витрату $Q_{\text{п}}$. У період роботи пожежних насосів господарські насоси виключають. Подачу пожежних насосів $Q'_{\text{с}}$ НСП визначають за формулою (1.31).

Випадок 2. Необхідний напір при пожежогасінні $H_{\text{п}}$ дорівнює напору господарських насосів H (рис.1.20, б). У НСП встановлюють протипожежні насоси необхідної подачі $Q_{\text{п}}$ і напору $H_{\text{п}}$, що включаються в момент виникнення пожежі на додаток до працюючих господарських насосів, що забезпечують $Q_{\text{с}}^{\text{макс}}$ і H системи.

Подачу пожежних насосів Q_n НСП знаходять за формулою (1.33).

Випадок 3. Необхідний напір при пожежогасінні H_n менше напору господарських насосів H (рис. 1.20, в). У насосній станції проти-пожежні насоси не встановлюють.

Сумарна подача при пожежі знайдена за формулою (1.31), забезпечується працюючими господарськими насосами за рахунок зниження розрахункового напору H в період пожежогасіння. Через короткочасність пожежогасіння допускається робота господарських насосів поза робочою частиною головної характеристики, що рекомендується $Q - H_{\text{госп.}}$ з деяким зниженням ККД.

1.2.4. ВИБІР КІЛЬКОСТІ НАСОСІВ, УСТАНОВЛЮВАНИХ НА СТАНЦІЇ

До складу основного устаткування насосних станцій входять насосні агрегати:

1) робочі:

- а) господарські;
- б) протипожежні;

2) резервні.

Після визначення режиму роботи насосної станції (рівномірного чи східчастого) і підбору числа ступенів (груп насосів) встановлюють кількість робочих і резервних насосів у кожній групі.

При виборі числа робочих і резервних насосів керуються наступними міркуваннями:

1. Число робочих агрегатів однієї групи повинне бути не менше двох.
2. Рівнобіжна робота декількох насосів економічно не вигідна. Тому потрібно встановлювати в насосній станції якнайменше робочих насосів з більш високим ККД.

Сумарна подача декількох насосів при рівнобіжній роботі завжди менше, ніж сума їхніх подач при роздільній роботі.

Практика показує, що сумарна подача двох насосів, які працюють паралельно, приблизно на 10 % менше суми їхніх одиночних подач, а трьох насосів - 15 %. Зменшення сумарної подачі уточнюють після вибору насосів.

3. Насоси повинні працювати в області максимальних ККД. Короткочасні подачі (наприклад, при пожежі) можливі з більш низьким ККД.
4. У насосних станціях доцільно встановлювати насоси одного типорозміру, що зручно при експлуатації.
5. Подача робочих господарських насосів повинна забезпечувати максимальне водоспоживання в системі.

6. Подача робочих пожежних насосів повинна забезпечувати розрахункову витрату води на зовнішнє пожежогасіння.
7. Число пожежних насосів на станції встановлюється з урахуванням спільної їхньої роботи з господарськими насосами, залежно від режиму роботи станції в момент виникнення пожежі і співвідношення напорів мережі при пожежі H_p і при максимальному водоспоживанні міста $Q_c^{\text{макс}}$.
8. Число резервних агрегатів приймають залежно від категорії надійності станції і числа робочих агрегатів (табл. 1.7). У число робочих агрегатів включають і пожежні насоси. Разом з тим рекомендується приймати в будь-якому випадку не менше двох резервних агрегатів на станції.

Резервні насоси приймають з характеристикою, що відповідає найбільшому насосу, встановленому на станції. Резервний насос меншої подачі зберігається на складі.

Т а б л и ц я - 1.7

Кількість робочих агрегатів однієї групи	Кількість резервних агрегатів у насосних станціях для категорій		
	I	II	III
До 6	2	1	1
Понад 6 до 9	2	1	-
Понад 9	2	2	-

1.2.5. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ПОДАЧІ І НАПОРУ НАСОСІВ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ВОДОПОСТАЧАННЯ

1. Установлюють схему подачі води насосною станцією споживачу в результаті аналізу системи: "джерело- насос-споживач".

Схеми подачі розрізняють:

- а) для насосних станцій I підйому –
 - 1) ріка – НС I – очисні споруди;
 - 2) шпара – НС I – резервуари чистої води (РЧВ);
 - 3) шпара – НС I – водонапірна мережа міста.
- б) для насосних станцій II підйому –
 - 1) РЧВ – НС II – водогінна мережа;
 - 2) РЧВ – НС-II – водопровідна вежа – мережа;
 - 3) РЧВ – НС-II – водопровідна вежа (контррезервуар).

2. Встановлюють добовий режим роботи насосної станції, обумовлений режимом водоспоживанням:

- а) рівномірний (цілодобовий);
- б) нерівномірний (східчастий).

Як правило, НС-I розраховують на рівномірну подачу води, а НС-II – на східчасту (дво- чи триступінчасту), що встановлюється за графіком водоспоживання і подачі води насосами (або за допомогою таблиць).

3. Визначають подачу насосної станції, л/с:

- а) при рівномірній роботі насосів – середня секундна Q_c
- б) при східчастій роботі – максимальна секундна $Q_c^{\text{макс}}$ по групах насосів.

4. Встановлюють кількість всмоктувальних і напірних трубопроводів. Визначають їхні діаметри і втрати напору.

У НС-I число всмоктувальних труб приймають рівним числу насосів. Разом з тим з метою забезпечення безперебійної роботи системи діаметри і втрати напору в цих трубах визначають за повною розрахунковою витратою води в системі $Q_p = Q_c$.

У НСII приймають два напірних трубопроводи, кожний з яких розраховують на витрату $Q_p = 0,5 Q_c$.

У НС-II приймають, як правило, два всмоктувальних і два напірних трубопроводи, діаметри і втрати напору в яких підбирають за витратою $Q_p = 0,5 Q_c^{\text{макс}}$ (для групи насосів з максимальною годинною витратою води).

5. Визначають повний напір насосів насосної станції з урахуванням геометричної висоти підйому води H_r і втрат напору в трубопроводах і комунікаціях станції.

6. Визначають кількість насосних агрегатів на станції. До складу основного устаткування насосних станцій входять насоси:

- робочі (господарські) – для забезпечення максимального водоспоживання в системі;
- пожежні – для пожежогасіння в місті;
- резервні – для забезпечення безперебійної роботи системи.

Кількість робочих (господарських) насосів

У НСI приймають не менше двох однотипних насосів, кожний з яких розраховують на подачу, рівну $0,5 Q_c$ станції, і перевіряють на повну витрату Q_c .

У НС-II при дво- чи триступінчастій роботі насосів встановлюються дві (чи три) групи насосів, кожна з яких розраховують на максимальну годинну продуктивність своєї групи.

Кількість насосів у кожній групі встановлюють аналізом роботи системи "насоси - водоводи - мережа" за умови забезпечення оптимального ККД станції. На НС-II при двоступінчастій роботі може бути прийнято три (чи два) робочі насоси, два (чи один) з яких працюють

цілодобово, забезпечуючи подачу I ступеня, а один насос включають в годинник максимальної подачі (II ступень), підвищуючи продуктивність станції в цей час і виключаючи після зниження водоспоживання.

На НС-II може бути встановлений один чи два насоси I групи й один чи два насоси II групи, причому кожна з груп працює тільки у свій проміжок часу.

Кількість пожежних насосів

Пожежні насоси встановлюють в НС-II.

Напір H_n і подачу Q_n насосів при гасінні пожежі визначають відповідно до вимог СНіП [3].

Кількість пожежних насосів, установлюваних на станції, визначається режимом роботи НСП при пожежі.

У НС-II встановлюють один чи два пожежних насоси, якщо напір при пожежі H_n перевищує напір при максимальному водоспоживанні H . При цьому пожежні насоси розраховують на сумарну подачу води (при максимальному водорозборі $Q_{c\text{макс}}$ і при пожежі) і на напір при пожежі H_n .

Господарські насоси в період пожежі виключають.

У випадку, коли $H_n = H$, на НС-II встановлюють один чи два пожежних насоси, розрахованих на подачу Q_n і напір H_n , що включаються в роботу в період пожежі на додаток до працюючого в цей час господарського насоса.

Кількість резервних насосів

Кількість резервних насосів приймають залежно від категорії надійності станції і числа робочих насосів (включаючи пожежні) відповідно до вимог СНіП [3], але у всіх випадках рекомендується приймати не менше двох на станції.

7. Залежно від призначення станції, продуктивності та інших умов вибирають тип насосів, установлюваних на станції (К, КМ, Д, В і т. д.).

8. У каталозі насосів [2] за графіком їх головних характеристик необхідного типу вибирають найближчий за подачею Q і напором H .

Вивчають характеристики обраного насоса $H-Q$, $\eta - Q$, $N-Q$ і визначають заходи щодо забезпечення роботи насоса в умовах оптимальних ККД.

1.3 ПІДБІР НАСОСІВ І ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХНЬОЇ РОБОТИ В ОПТИМАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

Насоси підбирають залежно від призначення та умов роботи з розрахункових значень: подачі Q_p і напору H_p необхідного типу насосів (К, Д, В і т.д.). За графіком полів $Q-H$ вибирають найближчий по Q_p і H_p насос. З каталогу-довідника Perezнімається графік характерис-

тик насоса Q-H; Q-N; Q-η; Q-H^{доп}_{вак}. Вивчається розташування розрахункової точки на графіку (рис.1.21). В окремих випадках розрахункова точка (з координатами Q_p і H_p) попадає на лінію Q-H поблизу режимної точки P; як правило, розрахункова точка розташовується нижче її. Отже, при розрахунковій подачі Q_p такого насоса в систему водопостачання буде спостерігатися надлишковий напір Низ = H-H_p. Невеликий за величиною надлишковий напір (Низ ≤ 2 м) вважається припустимим.

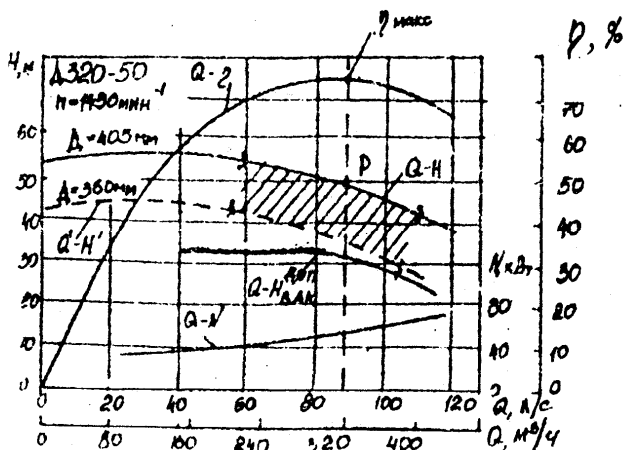


Рис. 1.21 - Характеристики насоса Д 320-50

При великій величині (Низ > 2 м) виникає необхідність зниження напору насоса до розрахункової величини Н, зміни характеристик стандартного насоса, наближення їх до розрахункових параметрів.

Відомі два заходи "припасування" насоса:

- зменшення частоти обертання робочого колеса n;
- зрізання (обточування) робочого колеса за його зовнішнім діаметром D₂.

1.3.1 ЗМІНА ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА

Закони подібності відцентрових насосів (натури і моделі):

$$\text{для подачі} \quad \frac{Q_n}{Q_M} = \left(\frac{n_n}{n_M} \right) \left(\frac{D_n}{D_M} \right)^3; \quad (1.34)$$

$$\text{для напору} \quad \frac{H_n}{H_M} = \left(\frac{n_n}{n_M} \right)^2 \left(\frac{D_n}{D_M} \right)^2; \quad (1.35)$$

для потужності

$$\frac{N_n}{N_M} = \left(\frac{n_n}{n_M} \right)^3 \left(\frac{D_n}{D_M} \right)^5; \quad (1.36)$$

де Q_n, H_n, N_n, n_n, D_n - подача, напір, потужність, частота обертання і діаметр зовнішнього кола робочого колеса натурного колеса; Q_M, H_M, n_M, D_M - те ж модельного насоса. На підставі законів подібності при переході на іншу частоту обертання робочого колеса (з n на n_1) того ж насоса при $D = const$ ($\frac{D_n}{D_M} = 1$), має місце закон пропорційності:

$$\frac{Q}{Q_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right); \quad (1.37)$$

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2; \quad (1.38)$$

$$\frac{N}{N_M} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^3. \quad (1.39)$$

З рівнянь (1.37) і (1.38) (складові рівняння, (1.37) зведені в квадрат) одержуємо співвідношення подач і напорів:

$$\left(\frac{Q}{Q_1} \right)^2 = \frac{H}{H_1};$$

звідки

$$H_1 = \frac{H}{Q^2} \cdot Q_1^2 = const Q_1^2. \quad (1.40)$$

Формула (1.40) являє собою рівняння параболи з вершиною на початку координат (парабола подібних режимів): геометричне місце точок, що визначають режими роботи насоса при іншій частоті обертання колеса n_2, n_j , подібні до режиму в точці на лінії головної характеристики насоса при частоті обертання n .

Як приклад на рис. 1.21 показані характеристики насоса $Q - H, Q - H, Q - N, Q - \eta, Q - H_{\text{век}}^{\text{дон}}$ двостороннього входу Д 320-50, при $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$ діаметр робочого колеса по зовнішньому обводу $D = 405 \text{ мм}$.

Пунктирна лінія $Q_1 - H_1$ - характеристика насоса при максимально припустимому зрізанні колеса, відповідна $D_{c.p} = 360 \text{ мм}$.

Максимальному значенню ККД відповідає подача Q_p і напір H_p (розрахункові параметри). Точка P головної характеристики $Q - H$, що відповідає максимальному значенню ККД ($\eta_{\text{макс}}$) - оптимальна режимна точка.

Технічні характеристики насоса, що відповідають головній режимній точці, приводяться в паспорті насоса (табл. 1.8).

Насос слід підбирати так, щоб робоча подача Q відповідала максимальному (чи близькому до нього) значенню ККД. Відхилення ККД обраного насоса не повинні бути більше 10% максимальному (η_{\max}).

Т а б л и ц я 1.8

Типорозмір (марка)	Подача, Q		Повний напір H , м	Частота обертання n , хв ⁻¹	Потужність електродвигуна N , кВт	Припустима вакууметрична висота $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$, м	ККД насоса η , %
	м ³ /ч	л/с					
Д 320-50	320	89	50	1450	60	4,5	0,76

Поле графіка (заштриховане на рис. 1.21) між характеристиками $Q - H$ при номінальному діаметрі колеса ($D = 405$ мм) і $Q_1 - H_1$ при максимально припустимому зрізанні колеса ($D_{\text{порівн}} = 360$ мм) і звивистими лініями, що відповідають подачам у межах відхилень, що рекомендуються, ККД *називають полем* насоса - область застосування, що рекомендується, насоса.

Методику побудови нової характеристики насоса при зміні частоти обертання робочого колеса (з n на n_1) можна показати на прикладі. На рис. 1.20 приведена головна характеристика $Q - H$ насоса Д 320-50 (6 НДа) при $n = 1450$ хв⁻¹; $D = 405$ мм.

Вибравши на лінії $Q - H$ за допомогою рівняння (1.40) чотири точки 1, 2, 3, 4, побудуємо параболи подібних режимів I, II, III, IV.

Знаючи координати вихідних і точок 1, 2, 3, 4 і приймаючи довільно значення подач Q_1 , за рівнянням (1.40) знаходимо відповідні їм напори H_1 .

Парабола I. Точка I. Координати $Q = 40$ л/с = 0,040 м³/з, $H = 58$ м.

$$H_1 = \frac{H}{Q^2} \cdot Q_1^2 = \frac{58}{0,04^2} \cdot Q_1^2 = 36250 \cdot Q_1^2.$$

Q_1 л/с	10	20	30	40	50
H_1 , м	3,63	14,5	32,6	58	73,7

Парабола II. Точка 2. $Q = 60$ л/с = 0,060 м³/з; $H = 56$ м.

$$H_1 = \frac{56}{0,06^2} \cdot Q_1^2 = 15\,555 \cdot Q_1^2$$

Q л/с	20	40	50	60	65
H , м	6,22	24,9	38,9	56	65,7

Парабола III. Точка 3. $Q = 89 \text{ л/с} = 0,089 \text{ м}^3/\text{с}$; $H = 50 \text{ м}$.

$$H_1 = \frac{50}{0,089^2} \cdot Q_1^2 = 6320 Q_1^2$$

Q л/с	20	40	60	80	89	90
H, м	2,53	10,2	22	40,4	50	51,2

Парабола IV. Точка 4. $Q = 110 \text{ л/с} = 0,110 \text{ м}^3/\text{с}$; $H = 43 \text{ м}$.

$$H_1 = \frac{43}{0,110^2} \cdot Q_1^2 = 3550 Q_1^2$$

Q ₁ л/с	20	40	60	80	100	110	120
H ₁ , м	1,42	5,68	12,8	22,7	35,5	43	51,5

На рис. 1.22 за розрахунковими точками побудовані параболи подібних режимів.

Змінюючи частоту обертання робочого колеса, можна побудувати нову характеристику насоса $Q - H$.

Насос Д 320-50 укомплектований двигуном з частотою обертання $n_1 = 960 \text{ хв}^{-1}$. Характеристиці стандартного насоса відповідає частота обертання $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$.

Необхідно перерахувати характеристики насоса на $n_1 = 960 \text{ хв}^{-1}$. Довільно на лінії $Q - H$ (при $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$) змінюють свої координати відповідно до законів пропорційності (1,37), (1,38).

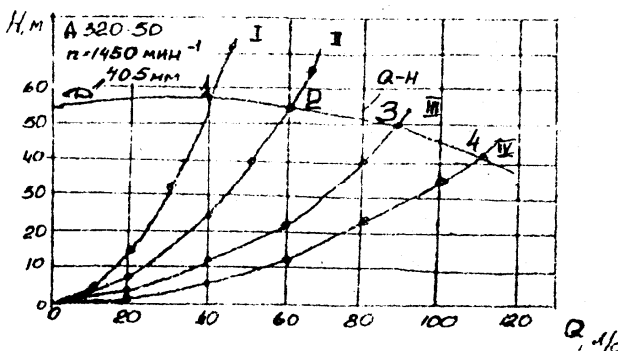


Рис.1.22 - Побудова парабол подібних режимів

При цьому: подача $Q_1 = \frac{Q}{n/n_1}$;

напір
$$n_1 = \frac{n}{(n/n_1)^2}; \quad \frac{n}{n_1} = \frac{1450}{960} = 1,51;$$

Тоді
$$Q_1 = \frac{Q}{1,51}; \quad n_1 = \frac{n}{2,28}.$$

Перерахування характеристики насоса $Q - H$ при $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$ на нову частоту обертання $n_1 = 960 \text{ хв}^{-1}$ виконуємо за табл. 1.9

Т а б л и ц я 1.9

Розрахункові точки QH	n=1450 хв ⁻¹		Розрахункові точки Q ₁ -H ₁	n ₁ =960 хв ⁻¹	
	Q, л/с	H, м		Q ₁ , л/с	H ₁ , м
1	40	58	1 ₁	25,5	25,4
2	60	56	2 ₁	39,8	24,6
3	89	50	3 ₁	59	21,9
4	110	43	4 ₁	72,8	18,9

На рис. 1.23 за розрахунковими точками 1₁, 2₁, 3₁, 4₁ побудована характеристика насоса Д 320-50 Q₁-H₁ при частоті обертання робочого колеса $n_1 = 960 \text{ хв}^{-1}$.

Розрахункові точки 1₁, 2₁, 3₁, 4₁ розташовані на відповідних параболах подібних режимів I, II, III, IV.

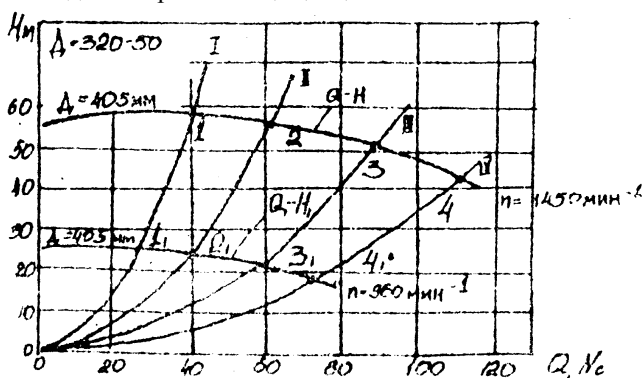


Рис. 1.23 - Побудова універсальних характеристик $Q - H$ при $n = 960 \text{ хв}^{-1}$

Для широко розповсюджених у практиці відцентрових насосів складені універсальні характеристики, що описують умови їхньої роботи при зміні частоти обертання робочого колеса.

Максимальне значення ККД відповідає тільки оптимальним умовам роботи насоса при значеннях Q , H і n , на які насос проєктувався.

Практика показує, що робота насоса зі зниженою частотою обертання робочого колеса допускається, але підвищення частоти обертання більше ніж на 10 – 15 % має бути погоджене із заводом-виготовником.

Зміну частоти обертання робочого колеса з метою регулювання подачі виконують вкрай рідко, тому що сучасні електродвигуни не мають, як правило, регулювання частоти обертання.

Зміна характеристик насоса шляхом зменшення частоти обертання робочого колеса має практичне значення при комплектації насоса електродвигуном, що має іншу частоту обертання.

1.3.2. ЗРІЗАННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА

Зрізання робочих коліс відцентрових насосів по зовнішньому діаметрі D застосовують у тих випадках, коли насос за напором H и подачею Q перевершує необхідні значення цих параметрів.

При зменшенні зовнішнього діаметра D робочого колеса зменшується колова швидкість u_2 і, як наслідок, – напір H та подача Q .

Але, при зрізанні робочого колеса по зовнішньому діаметрі геометрична подібність порушується і закони подібності (1.34), (1.35), (1.36) не можуть бути використані в розрахунках.

Експериментальні дослідження показують, що співвідношення параметрів при зрізанні колеса багато в чому визначається коефіцієнтом швидкохідності n_s . Це питомий показник, що характеризує тип насоса завдяки тому, що одночасно враховуються три параметри: частота обертання, подача і напір.

Коефіцієнт швидкохідності

$$n_s = 3,65n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}. \quad (1.41)$$

При обчисленні n_s у формулу (1.41) підставляють оптимальні значення подачі і напору (відповідні η_{\max}), взяті з таблиць технічних характеристик (табл. 1.8) чи з графіків характеристик (рис. 1.21).

Для багатоступінчастих насосів типу ЦНС у формулу (1.41) входить значення напору H однієї ступіні; для насосів із двостороннім входом типу Д у формулу входять замість Q значення $Q/2$.

Для насосів з $n_s > 150$ співвідношення параметрів Q , H стандартних і зрізаних коліс визначається рівняннями

$$\frac{Qc p}{Q} = \left(\frac{Dc p}{D} \right)^2; \quad (1.42)$$

$$\left(\frac{Hc p}{H}\right)^2 = \left(\frac{Dc p}{D}\right)^3. \quad (1.43)$$

Для відцентрових насосів з $n_s < 150$ співвідношення основних параметрів Q, H стандартних і зрізаних коліс отримано експериментально:

$$\frac{Qc p}{Q} = \frac{Dc p}{D}; \quad (1.44)$$

$$\frac{Hc p}{H} = \left(\frac{Dc p}{D}\right)^2. \quad (1.45)$$

З рівнянь (1.44) і (1.45), звівши складники рівняння (1.44) у квадрат

$$\left(\frac{Qc p}{Q}\right)^2 = \left(\frac{Dc p}{D}\right)^2; \quad \frac{Hc p}{H} = \left(\frac{Dc p}{D}\right)^2,$$

одержуємо

$$\left(\frac{Qc p}{Q}\right) = \frac{Hc p}{H},$$

звідки

$$H = \frac{Hc p}{Qc p^2} \cdot Q^2 = const \cdot Q^2, \quad (1.46)$$

- рівняння квадратичної параболи, що є параболою зрізання.

Ця лінія являє собою геометричне місце точок, що визначають режими роботи насоса при інших діаметрах робочого колеса D_{cp} , подібні до режиму роботи насоса при номінальному D .

Користаючись залежностями (1.44) і (1.45), можна побудувати характеристики насоса з обточеним робочим колесом. Діаметр D_{cp} знаходять з рівнянь

$$Dc p = D \frac{Qc p}{Q}; \quad (1.47)$$

$$Dc p = \sqrt{\frac{Hc p}{H}} \cdot D \quad (1.48)$$

і призначають найбільший за величиною.

Розглянемо на конкретному прикладі методику побудови нової характеристики $Q-H$ насоса обточуванні його робочого колеса з номінального діаметра D до обточеного D_{cp} .

На рис. 1.24 приведена головна характеристика насоса D 320-50 при $n = 1450$ хв⁻¹; $D = 405$ мм.

Розрахункова точка A характеризується параметрами:

- подача $Q = 80$ л/с = 0,80 м³/з;

– напір $H = 40,4$ м.

Необхідно установити діаметр D_{cp} і побудувати характеристику $Q_{cp} - H_{cp}$, щоб вона пройшла через точку A .

Коефіцієнт швидкохідності визначаємо за рівнянням (1.41):

$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1450 \cdot \sqrt{0,089/2}}{50^{3/4}} = 58,5 \approx 60.$$

При $n_s = 60 < 150$ за основу розрахунку прийняті співвідношення (1.44), (1.45). За рівнянням (1.46) будемо параболу зрізання:

$$H = \frac{H_c p}{Q_c p^2} \cdot Q^2 = \frac{40,4}{0,08^2} \cdot Q^2 = 6315 \cdot Q^2.$$

Для обчислення H задамося довільно подачею Q , л/с

Q , л/с	20	40	60	80	90	100
H , м	22,53	10,2	22,7	40,4	51,2	63,15

За розрахунковими точками Q , H на рис. 1.24 побудована параболу зрізання, що перетинає головну характеристику насоса $Q - H$ (при $D = 405$ мм) у точці P з координатами:

– $Q = 89$ л/с ;

– $H = 50$ м .

Знаходимо діаметр зрізаного робочого колеса:

$$D_{cp} = D \cdot \frac{Q_c p}{Q} = 405 \frac{80}{90} = 364 \text{ мм};$$

$$D_{cp} = \sqrt{\frac{H_c p}{H}} \cdot D = \sqrt{\frac{40,4}{50}} \cdot 405 = 363 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр зрізаного робочого колеса $D = 364$ мм.

Зрізання колеса складає $D - D_{cp} = 405 - 364 = 41$ мм.

$$\text{Відсоток зрізання} = \frac{D - D_{cp}}{D} \cdot 100 = \frac{405 - 364}{405} \cdot 100 = 10,1\%.$$

Межі зрізання коліс, що рекомендуються:

n_s	Відсоток зрізання
60-120	20-15
120-200	15-11
200-300	11-7

У розрахунковому випадку при $n_s = 60$ відсоток зрізання = 10,1 %, що в межах рекомендацій.

Будемо характеристику $Q_{cp} - H_{cp}$ насоса. Приймаючи довільно значення подач Q , по лінії $Q - H$ (при $D = 405$ мм) установлюємо

відповідні їм значення H . Потім визначаємо Q порівн і H порівн для зрізаного колеса (при D порівн = 364мм).

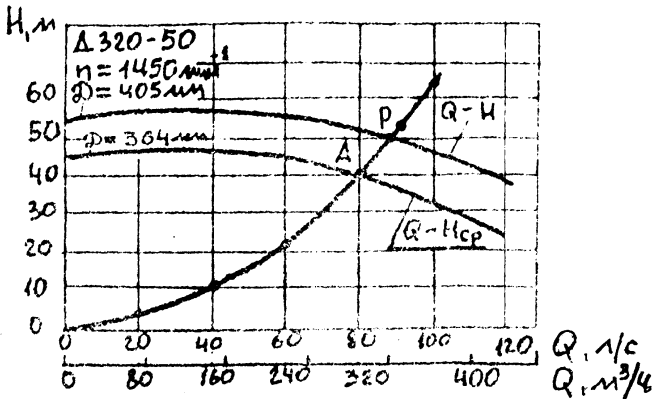


Рис. 1.24 - Характеристика насоса Д 320-50

Перерахування подач і напорів робимо на підставі залежності (1.44), (1.45):

$$\text{подача } Q_{сп} = \frac{D_{сп}}{D} \cdot Q = \frac{364}{405} \cdot Q = 0,9 \cdot Q ; \quad Q_{сп} = 0,9Q;$$

$$\text{напір } H_{сп} = \left(\frac{D_{сп}}{D} \right)^2 \cdot H = \left(\frac{364}{405} \right)^2 \cdot H = 0,81 \cdot H ;$$

$$H_{сп} = 0,81H.$$

Результати перерахунку Q і H на $Q_{сп}$ і $H_{сп}$ приведені в табл. 1.10

Т а б л и ц я 1.10

D=405 мм		Dсп=364 мм	
Q, л/с	H, м	Qсп, л/с	Hсп, м
20	58	18	47
40	58	36	47
60	56	54	45,3
70	54	63	43,25
80	52	72	42,1
89	50	80	40,5
110	47	90	38,1
110	43	99	34,8
120	38,5	108	31,2

За даними табл. 1.10 будемо головну характеристику насоса $Q_{сп}$ ($H_{сп}$ (див. мал. 1.24).

Зміни ККД насоса можна розрахувати за формулою

$$\eta_{c p} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{c p}} \right)^{0,25} . \quad (1.49)$$

Експериментально встановлено, що на кожні 10 % зрізання колеса насоса при коефіцієнтах $n_s = 60 \dots 200$ ККД насоса зменшується на 1 %, а при $n_s = 200 \dots 300$ - на кожні 4 % зрізання на 1 %. Таким чином, при зрізанні робочого колеса ККД змінюється незначно.

1.4 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ І ПІДЙОМУ

Скласти проект насосної станції І підйому, сполученої з водозабірною спорудою.

Вихідні дані проектування:

1. Розрахункова продуктивність $44\,000 \text{ м}^3 / \text{доб}$.
2. Оцінки рівня води у всмоктувальному відділенні водозабірної споруди:
 - а) мінімальна $H_{\text{унв}} = 172,1 \text{ м}$;
 - б) максимальна $H_{\text{увв}} = 175,2 \text{ м}$
3. Тип водозабірної споруди - руслової.
4. Планувальна оцінка поверхні землі в насосній станції $Z_3 = 176,8 \text{ м}$.
5. Довжина напірних водоводів $l_n = 432 \text{ м}$.
6. Довжина всмоктувальних труб $l_{\text{вс}} = 5,9 \text{ м}$.
7. Оцінка рівня води в змішувачі $H_c = 212,0 \text{ м}$.

МОДУЛЬ 2 НАСОСНІ СТАНЦІЇ КАНАЛІЗАЦІЇ

ЗМ 2.1. КОНСТРУКЦІЯ ЦБН ОДНОКОЛІСНИХ ДВОКОЛІСНИХ

1.4.1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

За основу при виконанні проекту прийнятий типовий проект річкових водозабірних споруд сполученого типу продуктивністю 1-3 м³.

Типовий проект рекомендується застосовувати при проектуванні насосних станцій I підйому систем виробничого і господарсько-питного водопостачання промпідприємств і населених пунктів.

Водозабірні споруди такого типу призначаються для будівництва на рівнинних ріках усіх регіонів України, крім районів вічної мерзлоти і районів із сейсмічністю більше 6 балів. Проектом не передбачається робота водозабірних споруд у важких шугольдових умовах. У проекті прийнято, що береги і дно ріки в місці водозабору складені ґрунтами, які не вимагають влаштування спеціальних конструкцій чи проведення заходів щодо ущільнення і заміни ґрунтів.

Глибину підземної частини споруди визначаємо розрахунком, вона може бути прийнята від 10 до 20 м залежно від амплітуди коливання рівнів води.

Перевищення верха залізобетонної підземної частини споруди над максимальним розрахунковим рівнем води в ріці 1,5 м.

Насосна станція запроєктована для роботи в автоматичному режимі (без постійного обслуговуючого персоналу). Разом з тим у проекті передбачені приміщення для перебування обслуговуючого персоналу на період налагодження і ремонтних робіт.

Режим роботи насосної станції - рівномірний, постійний.

Проект погоджений з Головним санепідемуправлінням Мінздраву України.

1.4.2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Насосна станція I підйому запроєктована сполученою з водозабірною спорудженням руслового типу (рис. 1.25).

Добір води з ріки проводиться за допомогою водозабірною оголовка; подача води від оголовка - по самопливних лініях.

При глибині підземної частини 14 м і більш у проекті передбачена можливість влаштування другого ярусу самопливних ліній. Промивання самопливних ліній і оголовка виконують по черзі зворотним струменем води. Вода для промивання подається від напірних трубопроводів, при цьому одночасно можуть працювати всі насоси.

У всмоктувальних камерах встановлені дві очисні обертові сітки ТМ-1500-69 із зовнішнім підведенням води.

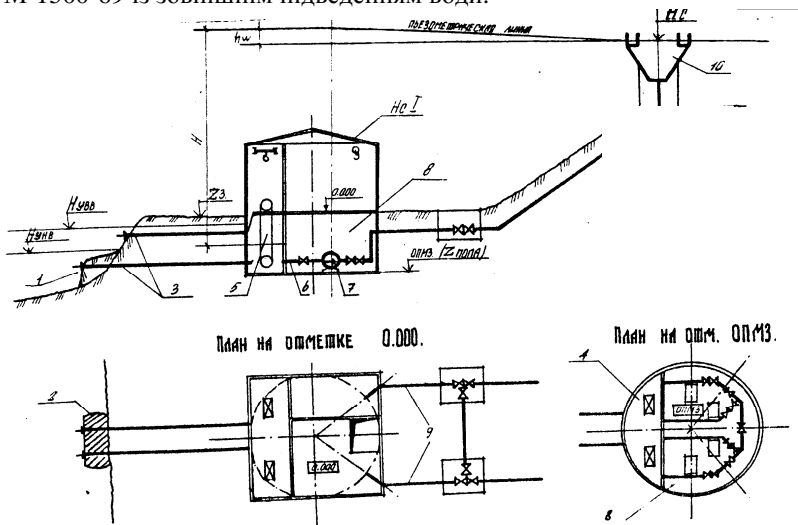


Рис. 1.25 - Схема руслового водозабору:

1 – ріка; 2 – оголовок; 3 – самопливні труби; 4 – всмоктувальна камера; 5 – сітки що обертаються; 6 - всмоктувальні труби; 7 – насосні агрегати; 8 – машинний зал; 9 – напірні труби; 10 – змішувач

Промивання сіток здійснюється автоматично залежно від перепаду рівнів води до і після промивання сіток, по черзі. Подачу води на промивання виконують від напірних трубопроводів. У разі потреби передбачається установка насоса, що підкачує. Після промивання сіток вода стікає в ріку нижче водозабірної споруди.

У машинному залі насосної станції передбачена установка чотирьох насосних агрегатів з насосами двостороннього входу "Д". Пуск насосів у роботу здійснюється на закриті засувки.

Для власних нестатків станції встановлюються насоси марки З-569 чи АР-100 залежно від глибини підземної частини.

При спорожнюванні водоприймальних камер відбувається попередній розмив осаду за допомогою брандспойтів з пожежними рукавами, що приєднуються до напірних трубопроводів.

При аваріях насосів і трубопроводів передбачені такі заходи, що запобігають затоплення машинного залу станції:

- 1) автоматичне відключення електродвигунів і автоматичне закриття засувок на напірних трубопроводах;

- 2) установка насосів для власних нестатків з автоматичним включенням для відкачки води з машинного залу станції;
- 3) установка аварійних затворів у всмоктувальних камерах, на входних патрубках всмоктувальних ліній;
- 4) установка додаткових клапанів і арматури, що охороняє від гідравлічних ударів (у колодязях на напірних трубопроводах, за насосною станцією).

У машинному залі станції монтаж і демонтаж устаткування проводять за допомогою радіальної кран - балки з електроталлю вантажопідйомністю 10 т.

Для монтажу і демонтажу обертових сіток, засувок і аварійних затворів у приміщенні сіток встановлюють підвісний ручний кран вантажопідйомністю 2,5 т.

Для захисту від корозії трубопроводів, арматури і механічного устаткування, що знаходиться в водоприймальних та всмоктувальних камерах, передбачене покриття їх емаллю ХС-79 по емалі ХС-78. Усі трубопроводи й устаткування в машинному залі станції необхідно два рази покрити масляною фарбою.

1.4.3. ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Насосні станції I підйому при прийнятій схемі роботи розраховують на подачу середньої годинної витрати води в дні максимального водоспоживання, з урахуванням витрати води на власні потреби насосної станції й очисних споруд.

Середню годинну подачу насосної станції $Q_{ч}$, м³/год, визначають за формулою

$$Q_{ч} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{макс.сут}}}{T}, \quad (1.50)$$

де $Q_{\text{макс.доб}}$ - максимальна добова витрата води, м³/доб.; α - коефіцієнт, що враховує витрату води на власні потреби насосної станції й очисних споруд. При продуктивності системи водопостачання більше 20 000 м³/доб приймають $\alpha=1,05$; T - тривалість роботи станції, ч. Приймають $T = 24$ ч.

$$Q_{ч} = \frac{1,05 \cdot 44000}{24} = 1925 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Середня секундна подача насосної станції, л/с

$$Q_{с} = \frac{Q_{ч} \cdot 1000}{3600}; \quad (1.51)$$

$$Q_{с} = \frac{1925 \cdot 1000}{3600} = 534,72 \text{ л/с.}$$

1.4.4. ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНОГО НАПОРУ СТАНЦІЇ

При визначенні повного напору станції необхідно зробити гідравлічний розрахунок всмоктувальних трубопроводів.

1.4.4.1. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВСМОКТУВАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

З метою забезпечення безперебійної роботи насосної станції передбачається, що розрахункову подачу станції в аварійних умовах зможе забезпечити один насос, який має індивідуальний всмоктувальний трубопровід.

Відповідно до розрахунку $Q = 534.72$ л/с за допомогою таблиць [4], орієнтуючись на середню швидкість руху води в трубі в межах $v = 1.0-1.5$ м/с, вибирають діаметр всмоктувального трубопроводу $d_{вс} = 700$ мм. При цьому діаметрі середня швидкість $v = 1,36$ м/с; питомі втрати напору $1000 i = 3,14$.

Економічно вигідну оптимальну швидкість перевіряють за формулою

$$v_{opt} = 0,7 + 0,0011 d_{вс}; \quad (1.52)$$

$$v_{opt} = 0,7 + 0,0011 \cdot 700 = 1,47 \text{ м/с.}$$

Тому що v і v_{opt} розрізняються не більше ніж на $0,2$ м/с [3], остаточно приймають діаметр усмоктувального трубопроводу $d_{вс} = 700$ мм.

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі $h_{вс}$, м, визначають як суму втрат напору на тертя $h_{тр}$ і втрат напору на місцеві опори $\sum h_m$:

$$h_{вс} = h_{тр} + \sum h_m. \quad (1.53)$$

Втрати напору на тертя, м знаходять за формулою

$$h_{тр} = i \cdot l_{вс}, \quad (1.54)$$

$$h_{тр} = 0,00314 \cdot 3,8 = 0,0119 \text{ м.}$$

Втрати напору на місцеві опори, м,

$$\sum h_m = (\xi_y + \xi_n + \xi_z) (v^{2/2} g), \quad (1.55)$$

де ξ_y - коефіцієнт місцевого опору в лійці, $\xi_n = 0,15$; ξ_n - коефіцієнт місцевого опору на повороті; $\xi_n = 0,55$; ξ_z - коефіцієнт місцевого опору в засувці; $\xi_z = 5,00$.

$$\sum h_m = (0,15 + 0,55 + 5,00) (1,36^{2/2} \cdot 9,81) = 0,3950 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі

$$h_{вс} = 0,0119 + 0,3950 = 0,4069 \text{ м.}$$

1.4.4.2 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАПІРНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

Для безперебійної подачі води на очисні споруди приймають два напірних трубопроводи, що працюють рівнобіжно. При рівнобіж-

ній роботі двох однакових напірних трубопроводів кожний з них розраховують на витрату $Q_{\text{нап}}$, л/с, рівну: $Q_{\text{нап}} = 0,5 Q$.

$$Q_{\text{нап}} = 0,5 (534,72 = 267,36 \text{ л/с} (268 \text{ л/с}))$$

при витраті води $Q = 268$ л/с за допомогою таблиць (4), задаючись швидкістю $v = 1,5$ м/с, вибирають діаметр $d_{\text{нап}} = 500$ мм. При цьому діаметрі:

- середня швидкість $v = 1,36$ м/с;
- питомі втрати напору $1000 i = 4,87$ мм.

Економічно вигідну оптимальну швидкість перевіряють за формулою

$$v_{\text{опт}} = 1,3 + 0,00035 d_n; \quad v_{\text{опт}} = 1,3 + 0,00035 \cdot 500 = 1,475 \text{ м/с}.$$

Тому що розбіжність між v і $v_{\text{опт}}$ не перевищує 0,2 м/с, остаточно приймають діаметр напірного трубопроводу: $d_n = 500$ мм.

Втрати напору на тертя, m , у напірному трубопроводі визначають за формулою

$$h_{\text{мп}} = i \cdot l_n; \quad h_{\text{мп}} = 0,00487 \cdot 432 = 2,104 \text{ м}.$$

Втрати напору на місцеві опори в напірних трубопроводах приймають рівними 10 % утрат на тертя $h_m = 0,10 h_{\text{мп}}$.

Сумарні втрати напору, m в напірному трубопроводі визначають по формулі

$$h_n = 1,10 h_{\text{мп}}; \quad h_n = 1,10 \cdot 2,104 = 2,314 \text{ м}.$$

1.4.4.3 ПОВНИЙ НАПІР НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Повний напір, що розвивається насосами насосної станції I підйому, визначають відповідно до прийнятої схеми подачі води в змішувач очисних споруд.

Необхідний напір, m ,

$$H_{\text{мп}} = H_m + \sum h + h_{\text{нс}}, \quad (1.58)$$

де H_p - геометрична висота підйому води, m , що являє собою різниця оцінок рівнів води в змішувачі H_c і джерелі $H_{\text{унв}}$:

$$H_m = H_c - H_{\text{унв}}; \quad H_m = 212,0 - 172,1 = 39,9 \text{ м}.$$

$\sum h$ - сумарні втрати напору у всмоктувальних і напірних трубопроводах:

$$\sum h = h_{\text{вс}} + h_n = 0,4069 + 2,314 = 2,721 \text{ м}.$$

$h_{\text{нс}}$ - втрати напору у внутрішніх комунікаціях станції, прийняті рівними 2-2,5 м. У проекті приймають $h_{\text{нс}} = 2,37$.

Необхідний розрахунковий напір насосів насосної станції I підйому

$$H_{\text{мп}} = 39,900 + 2,721 + 2,379 = 45,00 \text{ м}.$$

1.4.5. ПІДБІР НАСОСІВ

Відповідно до рекомендацій [I] у машинному залі насосної станції I підйому встановлюють горизонтальні відцентрові насоси з

двостороннім входом типу Д (ДСТ 11379-80): два робочих і два резервних (однієї марки) (рис. 1.26).

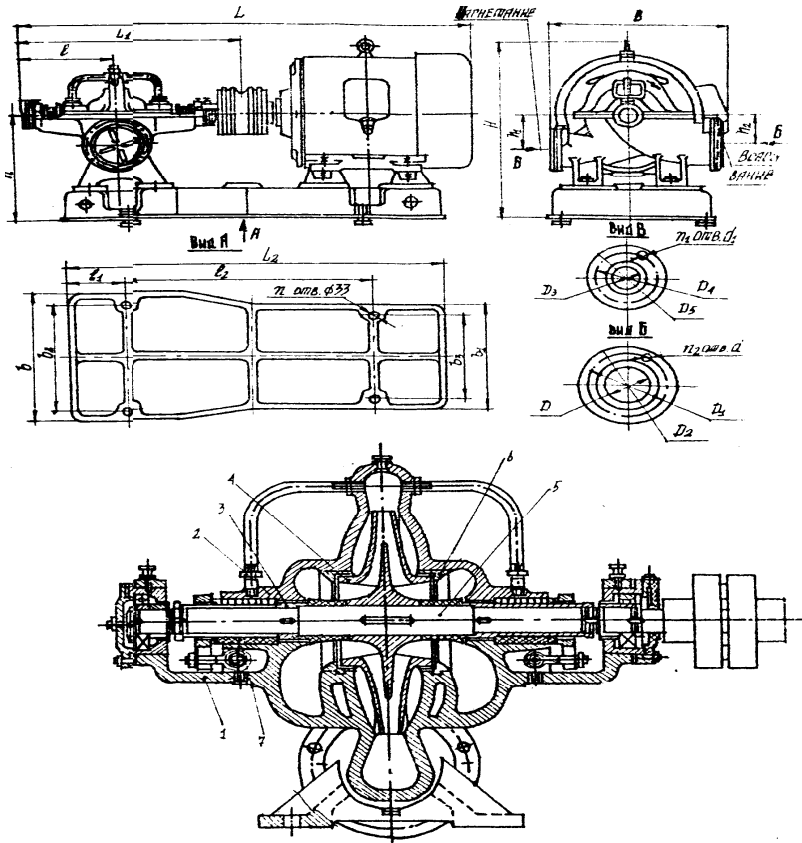


Рис. 1.26 - Схема насоса типу Д:

1 – корпус; 2 – кришка; 3 – захисна втулка; 4 – робоче колесо; 5 – вал;
6 – юстируюче кільце; 7 – набивка сальникова; 8 – підшипник

Підбір необхідної марки насоса виконують за розрахунковими параметрами:

- подачі $Q_p = 0,5 Q = 0,5(534,72) = 267,36$ л/с;
- напору $H_p = H_{тр} = 45,00$ м.

За графіком полів $Q - H$ насосів типу Д 2 ((підбирають насос марки Д 1250-65 (12 ПДВ), головна характеристика якого найбільш близька до розрахункових параметрів.

Робочі характеристики насоса Д 1250-65 приведені на рис. 1.27, технічна характеристика - у табл. 1.11, загальний вид насосного агрегату - на рис. 1.26, характеристики патрубків - у табл. 1.12, габаритні, приєднувальні розміри і маса агрегату - у табл. 1.13.

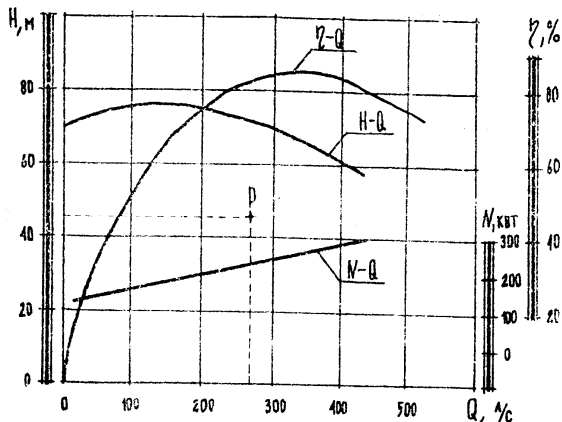


Рис. - 1.27 Характеристики насоса Д 1250-65 (12 Пдв):
 $n = 1450$ про/хв; $D = 460$ мм

P – розрахункова точка: $Q_p = 267,36$ л/с; $H_p = 45,00$ м.

Оскільки робоча точка Q_p ; H_p на полі графіка $Q-H$ лежить нижче головної характеристики насоса обраної марки і надлишковий напір складає величину, більшу 2 м [2], варто зробити обточування робочого колеса чи ж зниження його оборотів.

Таблиця 1.11 - Технічна характеристика насоса

Марка насоса	Діаметр робочого колеса	Позначення обточування робочого колеса	Подача		Напір	Частота обертання	Потужність насоса	Оптимальний ККД	Допуск кавітац. запас	Тиск на вході в насос
			м³/год	л/з						
Д 1250-65	460	-	1250	350	65	24 (1450)	314	86	6	0,3 (3)

Таблиця 1.12 - Характеристика патрубків

Марка насоса	Усмоктувальний патрубок					Нагнітальний патрубок				
	Д	Д ₁	Д ₂	d	n ₂	Д ₃	Д ₄	Д ₅	d ₁	n ₁
Д 1250-65	350	460	500	23	16	300	400	440	27	16

Таблиця 1.13 - Габаритні, приєднувальні розміри (мм) і (кг) агрегату

Марка Агрегату	Двигун			L	B	H	L ₁	L ₂	l	l ₁	l ₂	b	b ₁	b ₂	b ₃	h	h ₁	h ₂	n	Маса	
	Тип	Потужність, КВт	Напруга, V																	насоса	агрегату
Д1250-65	4А355М4У3	315	220/380	2485	1390	1110	1210	2270	521	325	755	840	1030	680	1360	750	435	335	6	1160	3280

1.4.6 РОЗРАХУНОК ДІАМЕТРА ПІДРІЗУВАННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА

При підрізуванні робочого колеса зменшується напір відцентрового насоса; головна характеристика насоса на полі графіка Q-H знижується до необхідної величини напору Н_р.

Розрахунок діаметра підрізування робочого колеса здійснюють у наступному порядку:

Розраховують і будують криву зрізання.

Рівняння кривої зрізання (параболи)

$$H = C Q^2, \quad (1.59)$$

де коефіцієнт $C = \frac{H p}{Q p^2} = \frac{45,0}{0,267^2} = 633$.

Вибираючи декілька значень продуктивності Q, м³/з, за формулою

$$H = 633 Q^2$$

визначають відповідні їм значення напорів Н, м (табл.1.14).

Таблиця 1.14 Значення продуктивності і напору насоса

Q, м ³ /з	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,28	0,30	0,32	0,34
H, м	2,28	4,05	6,33	9,11	12,40	16,18	20,55	25,30	30,65	36,45	49,60	57,00	64,80	73,20

За даними табл. 1.14 на полі графіка $Q-H$ (рис. 1.28) будують параболу зрізання

P - точка розрахункового режиму роботи насоса $Q_p = 267,36$ л/с; $H_p = 45,00$ м.

A - точка перетину характеристики $H - Q$ насоса з параболою подібних режимів. $Q_A = 325$ л/с; $H_A = 67,00$ м.

Визначають точку A перетину параболи зрізання з головною характеристикою насоса $H = f(Q)$.

Установлюють значення напору і витрати в цій точці:

$$Q_A = 325 \text{ л/с}; \quad H_A = 67 \text{ м.}$$

Визначають коефіцієнт швидкохідності насоса:

$$\eta_s = 3,65 \cdot \frac{n \sqrt{0,5 \cdot Q_{опт}}}{H_{опт}}, \quad (1.60)$$

де $n = 1450$ - частота обертання робочого колеса, про/хв; $Q_{опт} = 0,350$ - подача насоса при оптимальному ККД, м/с; $H_{опт} = 65$ - напір насоса при оптимальному ККД, м. (Значення параметрів вибору з табл. 1.11)

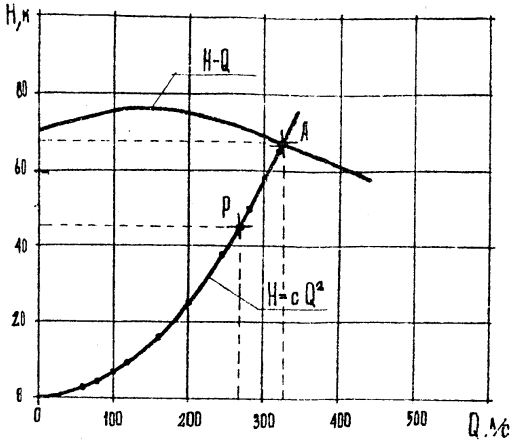


Рис.1.14 - Крива зрізання

$$n_s = 3,65 \frac{1450 \cdot \sqrt{0,5 \cdot 0,350}}{65^{3/4}} = 96.$$

Визначають діаметр підрізування робочого колеса. При значеннях коефіцієнта швидкохідності $n_s < 200$ діаметр підрізування робочого колеса розраховують за формулою

$$D_{\text{підр}} = D_{\text{вих}} \cdot \frac{Q_p}{Q_A} = 460 \frac{267,36}{325} = 378; \quad (1.61)$$

$$D_{\text{підр}} = D_{\text{вих}} \sqrt{\frac{H_p}{H_A}} = 460 \cdot \sqrt{\frac{45}{67}} = 377. \quad (1.62)$$

Приймають діаметр підрізування колеса рівним $D_{\text{підр}} = 378 \text{ мм}$. Відсоток підрізування складає

$$\% \text{ підр} = \frac{D_{\text{вих}} - D_{\text{підр}}}{D_{\text{вих}}} \cdot 100; \quad (1.63)$$

$$\% \text{ підр} = \frac{460 - 378}{460} \cdot 100 = 17,8\%,$$

що знаходиться в межах припустимої величини [1].

Зміну ККД насоса при підрізуванні робочого колеса визначають за формулою

$$\eta_{\text{підр}} = 1 - (1 - \eta_A) \cdot \left(\frac{D_{\text{вих}}}{D_{\text{підр}}} \right)^{0,45}; \quad (1.64)$$

$$\eta_{\text{підр}} = 1 - (1 - 0,85) \left(\frac{460}{378} \right)^{0,45} = 0,835.$$

1.4.7. ПЕРЕРАХУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСА НА НОВИЙ ДІАМЕТР РОБОЧОГО КОЛЕСА

При підрізуванні діаметра робочого колеса насоса змінюються всі його характеристики. Перерахування характеристик насоса на новий діаметр робочого колеса здійснюють за формулами:

$$Q' = Q \cdot \frac{D_{\text{підр}}}{D_{\text{вих}}}; \quad Q' = 0,822 Q; \quad (1.65)$$

$$H' = H \cdot \left(\frac{D_{\text{підр}}}{D_{\text{вих}}} \right)^2; \quad H' = 0,676 H; \quad (1.66)$$

$$N' = N \cdot \left(\frac{D_{\text{підр}}}{D_{\text{вих}}} \right)^3; \quad N' = 0,556 N. \quad (1.67)$$

Приймаючи довільно подачу насоса Q і визначаючи на графіку (рис. 1.15) відповідні значення H , N , η (при $D = 450$ мм), за формулами (1.65), (1.66), (1.67) обчислюємо D' , H' , N' (при $D = 378$ мм).

Результати обчислень приведені в табл. 1.15

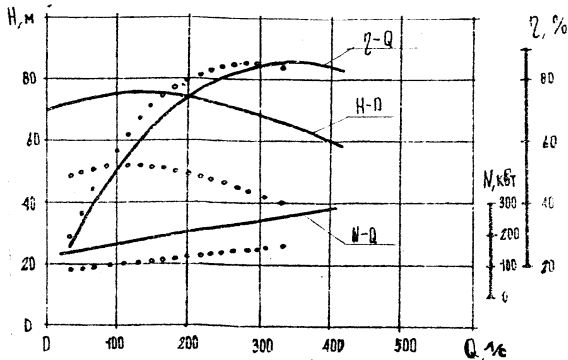


Рис.1.15 - Перерахування характеристик насоса Д 1250-65 (12 ПДВ); $n = 1450$ про/хв; $D = 460$ мм (суцільні лінії) на $D = 378$ мм (0)

За даними табл. 1.15 на рис. 1.16 побудовані характеристики насоса $D 1250-65$ (при $D = 378$ мм) - $H-Q$, $N-Q$, $-\eta$.

Т а б л и ц я 1.15 Характеристики насоса

Q, л/с	При $D = 460$ мм			При $D = 378$ мм		
	H, м	N, кВт	η , %	Q, л/с	H, м	N, кВт
40	72,5	140	29	32,9	49,0	77,8
60	73,5	150	36	49,3	49,7	83,4
80	74,5	157	44	65,8	50,4	87,3
100	75,5	163	50	82,2	51,1	90,6
120	76,0	170	56	98,7	51,4	94,5
140	76,0	180	62	115,0	51,4	100,0
160	76,0	190	67	131,6	51,4	105,6
180	75	198	71	148,0	50,7	110,0
200	74,5	205	74	164,5	50,4	114,0
220	73,5	213	77	181,0	49,7	118,3
240	72,5	220	79	197,5	49,5	122,2
260	71,5	230	81	214,0	48,4	128,0
280	70,0	238	83	230,0	47,4	132,0
300	69,0	248	84	246,5	46,7	138,0
320	67,0	255	85	263,5	45,3	141,6
340	66,0	263	85,5	279,5	44,6	146,2
360	64,0	270	85,5	296,0	43,3	150,0
380	62,0	280	85	312,5	41,9	155,5
400	60,0	290	84	329,0	40,6	161,0

Примітка. Оскільки зміна ККД насоса при підрізуванні робочого колеса незначна (при підрізуванні колеса на 10 % ККД зменшується на 1 %), перерахунки значень ККД на $D = 378$ мм не виконували, але через зсув координат подачі Q крива ($\eta-Q$) на графіку рис. 1.16 трохи перемістилася вліво від початкового положення (при $D = 460$ мм).

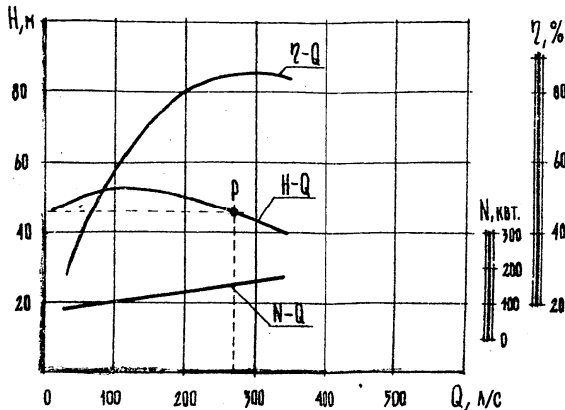


Рис. 1.16 - Характеристики насоса Д 1250-65 (12 ПДВ); $n = 1450$ про/хв;
 $D = 378$ мм

1.4.8 СПІЛЬНА РОБОТА НАСОСІВ І ТРУБОПРОВІДІВ

Систему "насос-трубопровід" розглядають як єдину систему, а насосне устаткування і трубопроводи вибирають на підставі розрахунку спільної роботи складових такої системи елементів. Спільна робота насосів і трубопроводів характеризується режимною точкою системи (точка матеріальної й енергетичної рівноваги), що у практиці гідравлічних розрахунків насосних станцій визначається графоаналітичним методом. Робота насоса визначається його головною характеристикою $H-Q$, трубопровід також має свою характеристику $H-Q$ тр.

Розрахунок характеристики трубопроводу. Характеристика трубопроводу, представляючи собою функціональний зв'язок між напором і витратою води в системі $H = f(Q$ тр), підпорядковується рівнянню

$$H_{тр} = H_g + \sum \Delta h \quad (1.68)$$

або
$$H_{тр} = H_g + S Q^2, \quad (1.69)$$

де $H_g = 39,9$ м - геометричний напір (див. розд. 1.4.4.3); ($h = 5,1$ м - сумарні втрати напору у всмоктувальних нагнітальних трубах і внутрішньостанційних комунікаціях; S - опір трубопроводу, $S = f$ (матеріалу труб; d).

Для даного трубопроводу $d = \text{const}$, S - величина постійна, не залежить від зміни витрати води в системі.

Опір трубопроводу в системі обчислюють за формулою

$$S = \frac{\sum \Delta h}{Qp^2} = \frac{5,1}{0,267^2} = 71,6. \quad (1.70)$$

Приймаючи довільно значення витрат води Q , $\text{м}^3/\text{з}$, обчислюють відповідні їм значення втрат напору в трубопроводі за формулою:

$$\sum \Delta h = S Q^2; \quad \sum \Delta h = 71,6 Q^2,$$

а потім за рівнянням (1.68) - величини $H_{\text{тр}}$. Результати обчислень приведені в табл. 1.16

Таблиця 1.16 Значення втрат напору в трубопроводах

$Q, \text{м}^3/\text{з}$	0,100	0,200	0,300	0,400
$\sum \Delta h, \text{м}$	0,716	2,860	6,410	11,460
$H_{\text{тр}} = 39,9 + \sum \Delta h, \text{м}$	40,62	42,76	46,31	

За даними табл. 1.16 на полі графіка $H - Q$ (рис. 1.17) побудована характеристика трубопроводу $H = f(Q_{\text{мп}})$. Точка перетинання характеристики трубопроводу $H = f(Q_{\text{мп}})$ з головною характеристикою насоса $H = f(Q)$ являє собою режимну точку системи "насос-трубопровід":

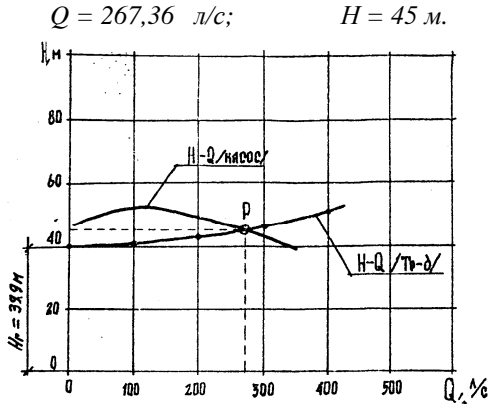


Рис. 1.17 - Побудова характеристики трубопроводу $H - Q$

Паралельна робота насосів. У проєкті передбачена паралельна робота двох однакових насосів Д 1250-65 на два однакових напірних трубопроводу $d = 500 \text{ мм}$.

Розрахунок режиму роботи з прийнятої схеми виконують графічним способом. На рис. 1.18 показані сумарні характеристики двох насосів $Q - H_1$

+II і двох трубопроводів $Q-N_{\text{тр}1+2}$, що працюють паралельно. При побудові сумарної характеристики двох насосів $Q-N_{\text{I+II}}$ складувалися подачі при рівних напорах. При побудові сумарної характеристики двох трубопроводів $Q-N_{\text{тр}1+2}$ складали витрати при рівних напорах.

Режимна точка системи "два насоси - два трубопроводи" характеризуються розрахунковими параметрами: $Q = 535 \text{ л/с}$; $H = 45 \text{ м}$.

Графік $H-Q$ дозволяє аналізувати роботу насосної станції I підйому і роботу всієї системи "насоси - трубопроводи" в цілому, при можливих змінах в умовах експлуатації, а також при виході з ладу одного з елементів системи.

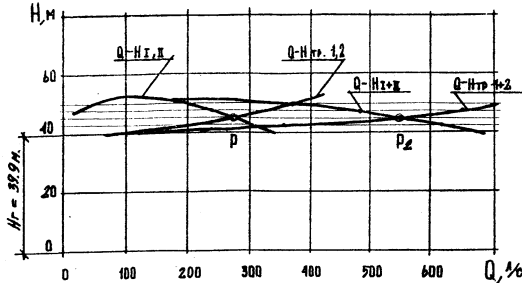


Рис. 1.18 - Характеристики рівнобіжної роботи двох насосів на два трубопроводи

1.4.9. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ВИТРАТИ ВОДИ В СИСТЕМІ

Геометрична висота підйому води насосів насосної станції залежить від різниці рівнів води в джерелі і змішувачі очисних споруд. Рівень води у поверхневих джерелах не залишається постійним і змінюється залежно від гідрологічного режиму джерела. З підвищенням рівня води в джерелі геометрична висота підйому H_g , рівна різниці оцінок води в змішувачі і джерелі, буде зменшуватися:

$$\begin{aligned} H_c - H_{ув} \quad (H_c - H_{ув} ; \quad H_2 \quad (H_2); \quad (1.71) \\ 212,0 - 172,1 \quad (212,0 - 175,2 \quad i \quad 39,9 \quad (36,8). \end{aligned}$$

При зменшенні H_g зменшується координата вершини характеристики трубопроводу на величину підвищення рівня води в джерелі, тобто

$$H_{ув} - H_{ув} = 175,2 - 172,1 = 3,1 \text{ м.}$$

При підвищенні рівня води в джерелі напір насоса зменшується, подача і потужність збільшуються, ККД насоса знижується (див. рис. 1.19). Збільшення потужності насоса викликає перевантаження електродвигуна, його нагрівання і зменшення ККД. Режим роботи системи "насос-трубопровід" характеризується новою режимною точкою з параметрами: $H_{\text{макс}} = 46,5 \text{ м}$; $Q_{\text{макс}} = 300,0 \text{ л/с}$

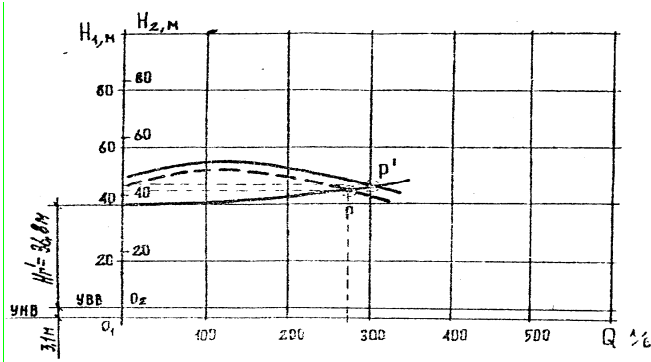


Рис. 1.19 - Режим роботи насоса при підвищенні рівня води в джерелі

P - точка розрахункового режиму роботи насоса при УНВ; $Q_p = 267,36$ л/с; $H_p = 45,00$ м.; P - точка розрахункового режиму роботи насоса при УВВ: $Q_p = 300,0$ л/с; $H_p = 46,5$ м.

1.4.10. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ НАСОСІВ І ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Вихідними даними для визначення необхідної потужності насоса й електродвигуна є подача Q , $\text{м}^3/\text{з}$ і напір H , м.

Потужність на валу насоса N , кВт визначають за формулою

$$N = \frac{\rho g Q_p \cdot H_p}{1000 \cdot \eta_{\text{подр}}}, \quad (1.72)$$

де Q_p - розрахункова подача насоса, $\text{м}^3/\text{з}$; H_p - розрахунковий напір, створюваний насосом, м; ρ - щільність переміщуваної рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; g - прискорення сили ваги, $\text{м}/\text{с}^2$; $\eta_{\text{подр}}$ - ККД насоса на розрахунковому режимі.

Потужність насоса
$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,267 \cdot 45}{1000 \cdot 0,835} = 141,16 \text{ кВт}.$$

Потужність двигуна насоса $N_{\text{дв}}$, кВт, прийняту більше потужності насоса на випадок перевантажень від неврахованих умов роботи, визначають за формулою

$$N_{\text{дв}} = \frac{K \cdot N}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (1.73)$$

де $\eta_{\text{пер}}$ - ККД передачі при з'єднанні двигуна і насоса за допомогою еластичної муфти $\eta_{\text{пер}} = 1,0$; K - коефіцієнт запасу потужності на перевантаження електродвигуна, прийнятий залежно від потужності насоса. При потужності насоса $N = 50 - 300$ кВт приймають рівним $K = 1,15$ [1].

$$\text{Потужність двигуна насоса } N_{\text{дв}} = \frac{1,15 \cdot 141,16}{1,0} = 162,33 \text{ кВт.}$$

Відповідно до рекомендацій (І за каталогом (3) підбирають тип електродвигуна і його характеристики. Приймають асинхронний двигун типу 4А355М4У3, потужністю 315 кВт, напругою 220/380 В.

Підібраний електродвигун перевіряють на максимальну витрату води в системі при підвищенні рівня води в джерелі.

Потужність насоса при максимальній витраті

$$N_{\text{макс}} = \frac{\rho g \cdot Q_{\text{макс}} \cdot H_{\text{макс}}}{1000 \cdot \eta_{\text{макс}}}, \quad (1.74)$$

де $Q_{\text{макс}}$ - подача насоса при високому (паводковому) рівні води в джерелі, м³/с; $H_{\text{макс}}$ - напір при максимальній витраті, м; $\eta_{\text{макс}}$ - ККД при максимальній витраті.

Потужність насоса при максимальній витраті:

$$N_{\text{макс}} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,300 \cdot 46,5}{1000 \cdot 0,850} = 161,0 \text{ кВт.}$$

Виконують порівняння розрахункової потужності насоса і потужності насоса при максимальній витраті. Установлюють відсоток розбіжності N і $N_{\text{макс}}$:

$$\frac{N_{\text{макс}} - N}{N} \cdot 100 < 20 \% ; \quad (1.75)$$

$$\frac{161,0 - 141,16}{141,16} \cdot 100 = 14,0 \% < 20 \% .$$

Підібраний електродвигун розрахований на підвищення споживаної потужності.

Заглиблення насосної станції

Для автоматичних насосних станцій заглибленого типу визначають величину заглиблення насосної станції:

$$H_{\text{загл}} = Z_3 - Z_n, \quad (1.76)$$

де Z_3 - геодезична оцінка поверхні землі в насосної станції, м; Z_n - геодезична оцінка підлоги машинного залу насосної станції, м.

Оцінку підлоги машинного залу станції визначають за рівнянням:

$$Z_n = H_{\text{унв}} - h_{\text{нас}} - h_{\text{рами}} - h_{\text{фунд}} - h_n - 0,5, \quad (1.77)$$

де $H_{\text{унв}} = 172,1$ м - мінімальний рівень води в джерелі; $h_{\text{нас}} = 1,11$ м - висота насоса (див. табл.1,13); $h_{\text{рами}}$ - висота рами, на якій закріплюється насос.

Приймають $h_{\text{рами}} = 0,2$ м; $h_{\text{фунд}}$ - висота фундаменту насоса. Приймають $h_{\text{фунд}} = 0,5$ м; h_n - товщина підлоги в машинному залі.

Приймають $h_n = 0,4$ м; 0,5 - запас на можливе зниження рівня води в джерелі, м.

Оцінка підлоги машинного залу станції:

$$Z_n = 172,10 - 1,11 - 0,20 - 0,50 - 0,40 - 0,50 = 169,39 \text{ м.}$$

Величина заглиблення насосної станції

$$H_{\text{загл}} = 176,80 - 169,39 = 7,41 \text{ м.}$$

На підставі розрахунку і рекомендацій типового проекту приймають глибину підземної частини насосної станції $H_{\text{загл}} = 10$ м.

1.4.11 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Основними техніко-економічними показниками роботи насосної станції є: η_{nz} - ККД насосної станції; $N_{y\delta}$ - питома витрата електроенергії (теоретична і фактична); $\eta_{\text{исп. р. м.}}$ - коефіцієнт використання робочої потужності.

Визначення ККД насосної станції

ККД насосної станції називають відношення корисної енергії, переданої насосами рідини, що перекачується, до енергії, споживаної електродвигунами.

При наявності на станції однотипних насосних агрегатів, що працюють в однаковому режимі протягом часу t , ККД насосної станції знаходять за формулою

$$\eta_{\text{ис}} = \eta \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{дв}}, \quad (1.78)$$

де $\eta = 0,835$ - ККД насоса; $\eta_{\text{пр}}$ - ККД проміжної передачі, приймають $\eta_{\text{пр}} = 1$; $\eta_{\text{дв}}$ - ККД електродвигуна, приймають за паспортними даними; $\eta_{\text{дв}} = 0,95$. ККД насосної станції $\eta_{\text{ис}} = 0,835 \cdot 0,95 = 0,793$.

Визначення теоретичної норми витрати енергії

Теоретичну норму витрати електроенергії (витрата електроенергії, (квт ч) на подачу 1000 т рідини, що перекачується, на висоту 1 м при режимі роботи насоса і електродвигуна з максимальним ККД, знаходять за формулою:

$$N_{y\delta} = \frac{2,72}{\eta_n \eta_{\text{дв}}}. \quad (1.79)$$

Приймаючи розрахункові значення: $\eta_n = 0,835$; $\eta_{\text{дв}} = 0,95$; одержують

$$N_{y\delta} = \frac{2,72}{0,835 \cdot 0,95} = 3,43.$$

Фактична питома норма витрати електроенергії може відрізнятися від теоретичної.

Визначення фактичної норми витрати енергії

Фактична питома витрата електроенергії η - відношення фактично витраченої кількості електроенергії до корисної роботи, чиненої за той же час.

Фактичну питому норму витрати електроенергії визначають в натурних умовах, перед задачею насосної станції в експлуатацію.

Після визначення фактичної норми витрати електроенергії розраховують фактичний (дійсний) ККД насоса:

$$\eta = \frac{2,72}{N_{yu} \cdot \eta_{dv}} \quad (1.80)$$

Як показують дослідження, ККД електродвигуна практично не змінюється з часом експлуатації, і його значення приймають за паспортом. При значному зниженні дійсного ККД насоса в порівнянні з розрахунковим (теоретичним) треба зробити ревізію насосного агрегату й установити причини зменшення його ККД.

Порівняння фактичної питомої витрати електроенергії з теоретичним дозволяє судити про економічний ефект роботи насосного агрегата.

Визначення коефіцієнта використання робочої потужності

Коефіцієнт використання робочої потужності являє собою відношення фактично витраченої енергії до тієї енергії, які могли б витратити насосні агрегати при роботі протягом 24 год. в оптимальному режимі (при подачі й напорі, що відповідають максимальному ККД):

$$\eta_{вик.р.п.} = \frac{Q \cdot H \cdot \eta_{нс.макс.} \cdot t}{Q_p \cdot H_p \cdot \eta_{нс} \cdot 24}, \quad (1.81)$$

де t - дійсний час роботи насосної станції, год.

1.5 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІІ ПІДЙОМУ

Скласти проект насосної станції ІІ підйому, призначеної для подачі води з резервуарів чистої води (РЧВ), у водогінну мережу міста.

Вихідні дані :

- максимальна продуктивність насосної станції $48\ 602\ м^3/добу$;
- коефіцієнт годинної нерівномірності $K_{час} = 1,35$;
- позначка рівня води в РЧВ $Z_{рчв} = 134,90\ м$;
- позначка рівня води в змішувачі $Z_{смес} = 144,90\ м$;
- позначка землі в насосної станції $Z_3 = 135,90\ м$;
- позначка початкової точки водогінної мережі міста $Z_{сет} = 144,90\ м$;
- вільний напір $H_{св} = 26\ м$;

- вільний напір при пожежі $H_{св.пож.} = 33$ м;
- довжина всмоктувальних труб $l_{вс} = 40$ м;
- довжина напірних труб $l_n = 110$ м;
- число жителів у місті $N = 152820$ чол.;
- поверховість будинків - 5 поверхів.

1.5.1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Насосна станція II підйому призначена для подачі води з РЧВ у водогінну мережу міста. Попереднє вирішення схеми насосної станції приведене на рис. 1.20. Насосна станція проектується частково заглибленою. Підлога машинного залу знаходиться на оцінці 132,52 м. Верхня будівля насосної станції - цегельна; підземна частина - збірні фундаментні блоки (бетонні); перекриття - залізобетонні збірні плити по збірних балках.

Для монтажу і демонтажу устаткування станції передбачається установка мостового електричного крана вантажопідйомністю 5 т.

У приміщенні машинного залу розміщують насоси типу Д (Д800-57, Д1250-65, Д4000-95).

Загальна кількість насосів $n = 8$; з них: I ступінь - 2 робочих, I резервний; II ступінь - 2 робочих, I резервний; при максимальному водорозборі й пожежі - I робочий, I резервний.

Розріз 1 - 1

Всмоктувальні й напірні трубопроводи усередині насосної станції виконані зі сталевих труб з посиленими звареними стиками. Труби розміщують у прямках підлоги машинного залу, що перекриваються знімними плитами.

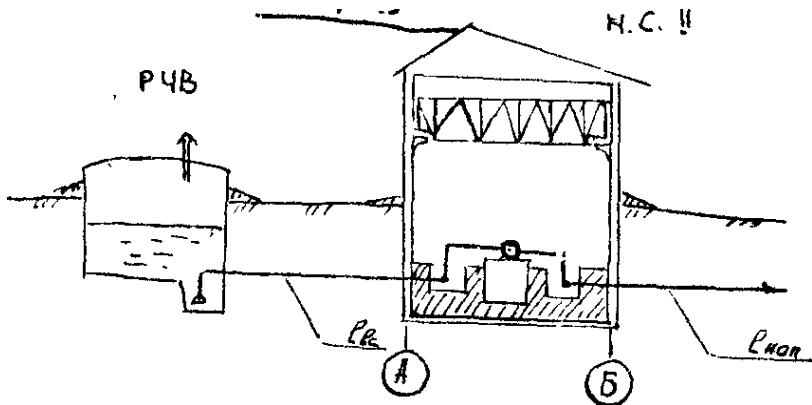
Передбачається колекторне переключення всмоктувальних і напірних трубопроводів; колектори також розміщують у прямках підлоги машинного залу.

Робота господарсько-питних і дренажних насосів автоматизована. Пожежні насоси включаються в роботу дистанційно, з диспетчерського пункту.

Насосні агрегати станції взаємозамінні і можуть працювати як у господарсько-питному, так і в протипожежному режимі.

1.5.2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Режим роботи насосної станції II підйому визначається режимом водоспоживання населеного пункту. Оскільки водоспоживання міста протягом доби нерівномірне, то режим роботи насосів насосної станції II підйому проектується також нерівномірним. Передбачається східчаста робота насосів.



План

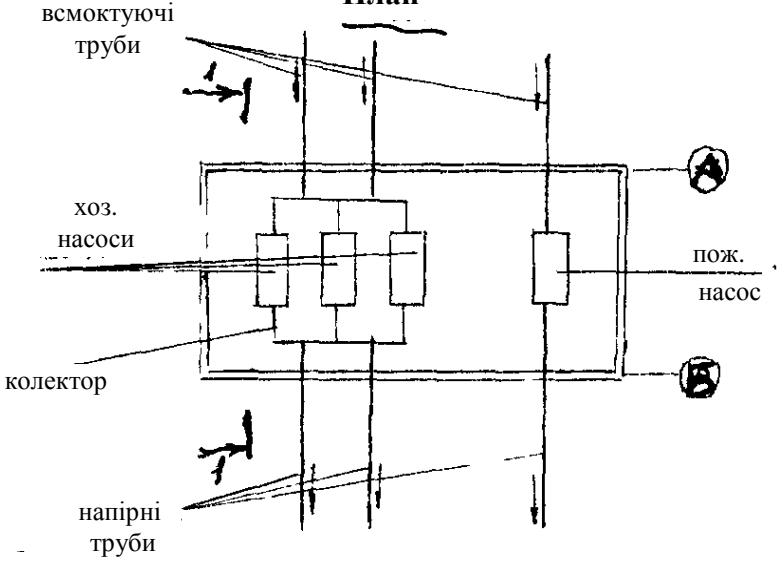


Рис 1.20 - Схема насосної станції II підйому

На рис. 1.21 наведені графіки: східчастий - добового водоспоживання населеного пункту при $K_{зод} = 1,35$ (суцільна лінія) і робота насосів (пунктирна лінія).

При визначенні тимчасових проміжків роботи I і II груп насосів (передбачається двоступінчаста робота насосів) приймається до уваги конструктивна схема системи водопостачання міста.

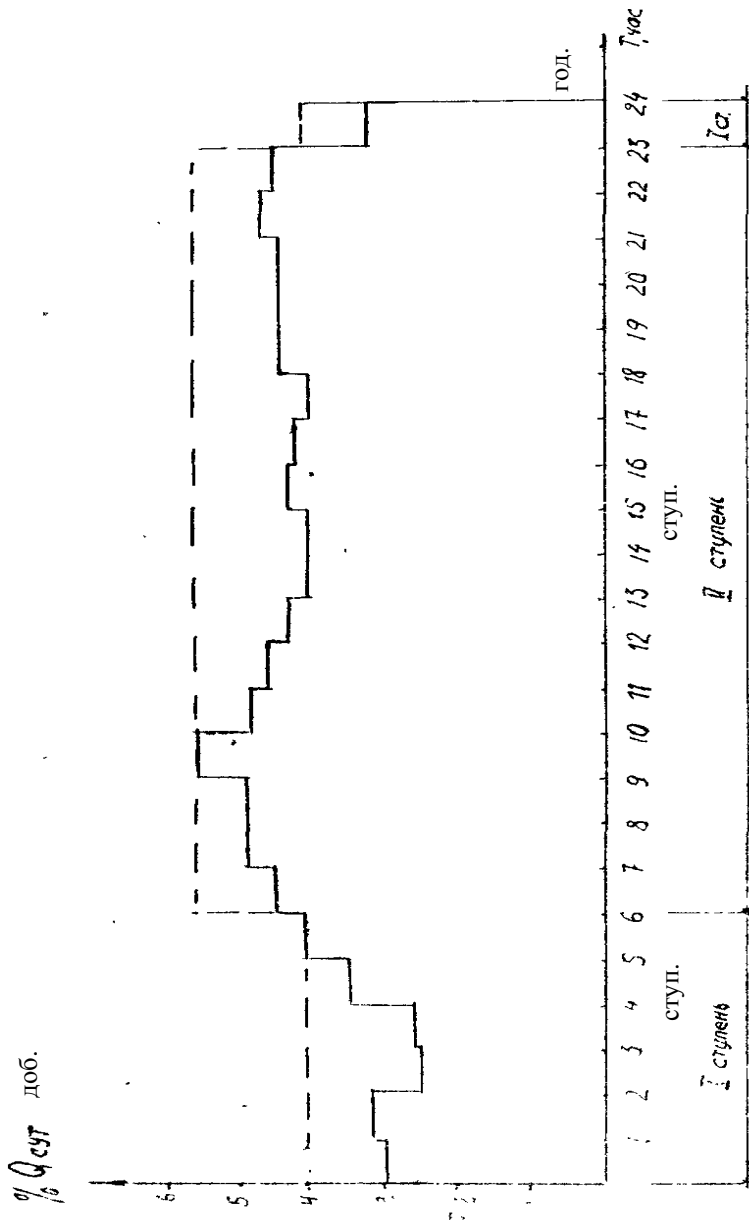


Рис 1.21 - Графік добового водоспоживання при $K_{год} = 1,35$

- Водогінні мережі і системи можливі трьох видів:
- без напірно-регулюючих споруд;
- з напірно-регулюючою спорудою (водонапірною баштою) на початку мережі;
- з контррезервуаром, що напірно регулююча споруда (водонапірна вежа) наприкінці мережі.

У проєкті передбачена система водопостачання населеного пункту без напірно-регулюючих споруд.

Подача води здійснюється від насосної станції II по двох водоводам безпосередньо у водогінну мережу міста. У такому випадку подача води насосами насосної станції II підйому визначається для кожного ступеня (групи насосів), за величиною максимальної годинної витрати води ($Q_{год.макс}$).

У результаті вивчення графіка водоспоживання населеного пункту встановлюється двоступінчастий режим роботи насосів; причому насоси I ступеня працюють з 23⁰⁰ до 6⁰⁰, а насоси II ступеня - з 6⁰⁰ до 23⁰⁰.

Відповідно до графіка водоспоживання:

- для першого ступеня - $q_{год. макс} = 4,10\%$ Здоб. макс;
- для другого ступеня - $q_{год. макс} = 5,60\%$ Здоб. макс.

1.5.3 визначення продуктивності насосної станції

1.5.3.1. подача господарсько-питних насосів

Насосні станції підйому при прийнятій схемі роботи розраховуються на подачу максимальної годинної витрати води.

I ступеня: години роботи 23⁰⁰ - 6⁰⁰;

$$q_{год.макс}^I = 4,10\% \cdot Q_{доб.макс};$$

максимальну годинну продуктивність $Q_{год.макс}$, м³/ч, знаходять за формулою

$$Q_{год.макс} = \frac{Q_{доб.макс} \cdot q_{год.макс}}{100}, \quad (1.82)$$

де $Q_{год.макс}$ - максимальна добова витрата води, м³/доб;

$q_{год.макс}$ - величина максимальної годинної витрати, %;

$$Q_{год.макс}^I = \frac{48602 \cdot 4,10}{100} = 1792,7 / \text{м}^3 \text{ год.}$$

Максимальна секундна подача Q_c макс, л/с,

$$Q_{с.макс}^I = \frac{Q_{год.макс} \cdot 1000}{3600}, \quad (1.83)$$

$$Q_{с.макс}^I = \frac{1792,7 \cdot 1000}{3600} = 495 \text{ л/с.}$$

II ступінь: години роботи $23^{00} - 6^{00}$;

$$q_{год.макс}^{II} = 5,60\% \quad Q_{доб.макс} ;$$

$$Q_{год.макс}^{II} = \frac{48602 \cdot 5,60}{100} = 2722 \text{ М}^3 / год.;$$

$$Q_{с.макс}^{II} = \frac{Q_{год.макс} \cdot 1000}{3600}$$

$$Q_{с.макс}^{II} = \frac{2722 \cdot 1000}{3600} = 756 \text{ л/с.}$$
(1.84)

1.5.3.2. ПОДАЧА ВОДИ ПРИ ПОЖЕЖОГАСІННІ

Відповідно до вимог СНіП [3] роботу насосної станції перевіряють на забезпечення витрат води при пожежогасінні в населеному пункті.

Число жителів у місті $N = 152820$ чол. Запас води для гасінні пожеж у населеному пункті передбачається в загальному обсязі РЧВ.

Розрахункові витрати на пожежогасіння в населених пунктах, відповідно до діючого СНіП, приймають залежно від числа жителів і поверховості; визначають за табл. 1.6.

Приймають розрахункову кількість пожеж - 3; витрата на 1 пожежу - 40 л/с; витрата води на пожежогасіння Q_n , л/с; $Q_n = n \cdot q$, де n - розрахункове число пожеж, $n = 3$; q_n - витрата води на 1 пожежу, л/с; $q_n = 40$ л/с; $Q_n = 3 \cdot 40 = 120$ л/с.

У проекті передбачається установка пожежних насосів у машинному залі станції; причому в період гасіння пожеж пожежні насоси повинні забезпечити максимальні господарсько-питні витрати і розрахункові витрати на гасіння пожеж у місті.

У такому випадку сумарна витрата води, л/с

$$Q_{пож.макс} = Q_{макс}^{госп.-питн} + Q_n, \quad (1.85)$$

$$Q_{пож.макс} = 756 + 120 = 876 \text{ л/с.}$$

Результати розрахунку наведені в табл. 1.17.

Т а б л и ц я 1.17

Режим водоспоживання	Витрати Q_n , л/с
Ступінь	454
Ступінь	756
Максимальний водорозбір (госп.-питні потреби + витрата води на пожежу)	876

1.5.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНОГО НАПОРУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

1.5.4.1 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВСМОКТУВАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Всмоктувальні труби поза приміщенням станції: чавунні, розтрубні,

$$l_{ec} = 40 \text{ м.}$$

Відповідно до схеми станції число всмоктувальних труб господарсько-питних насосів приймають рівним 2, розрахункова витрата кожної з яких

$$\text{дорівнює } Q_{розр.} = \frac{Q_c}{2}.$$

Розрахункова витрата трубопроводів при роботі насосів I ступеня

$$Q_{розр.}^I = \frac{454}{2} = 227 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата трубопроводів для II ступеня

$$Q_{розр.}^{II} = \frac{756}{2} = 378 \text{ л/с.}$$

При пожежі передбачається 1 всмоктувальна труба з розрахунковою витратою

$$Q_{розр.}^{пож.} = 876 \text{ л/с.}$$

Розрахунок трубопроводів станції виконують за таблицями Шевелева [4]. Відповідно до рекомендацій діючого СНіП [3] при підборі діаметра всмоктувальних труб приймають швидкість у межах 1 - 1,5 м/с.

Гідравлічний розрахунок всмоктувальних трубопроводів здійснюють за максимальною витратою II ступеня: $Q = 378 \text{ л/с.}$

$$d_{ec} = 600 \text{ мм}; \quad v = 1,34 \text{ м/с}; \quad 1000i = 3,75.$$

Економічно вигідну оптимальну швидкість перевіряють за формулою

$$v_{opt} = 0,7 + 0,0011 * d_{ec},$$

$$v_{opt} = 0,7 + 0,0011 * 600 = 1,36 \text{ м/с.}$$

Тому що v і v_{opt} розрізняються не більше ніж на 0,2 м/с, остаточно приймаємо діаметр всмоктувального трубопроводу $d_{ec} = 600 \text{ мм.}$

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі, м

$$h_{ec} = h_{mp} + \sum h_m. \quad (1.86)$$

Втрати напору на тертя, м

$$h_{mp} = i \cdot l_{ec}, \quad (1.87)$$

$$h_{mp} = 0,00375 * 40 = 0,1500 \text{ м.}$$

До складу місцевих опорів входять:

- ліяка, розташована на початку всмоктувальної труби;

- засувка, установлена перед всмоктувальним патрубком насоса.
Втрати насоса на місцеві опори

$$\sum h_m = (\xi_6 + \xi_3) \cdot \frac{v^2}{2q}, \quad (1.88)$$

де ξ_6 - коефіцієнт місцевого опору в лійці $\xi_6 = 0,15$; ξ_3 - коефіцієнт місцевого опору в засувці $\xi_3 = 5,00$.

$$\sum h_m = (0,15 + 5,00) \frac{1,34^2}{2 \cdot 9,81} = 0,4713 \text{ м.}$$

Загальні втрати насоса у всмоктувальному трубопроводі

$$h_{вс} = 0,1500 + 0,4713 = 0,6213 \text{ м.}$$

Трубопроводи при максимальному водорозборі в період пожежі проектують окремо від господарсько-питних; при цьому проектують: I всмоктувальний і II напірний трубопроводи.

Визначаємо діаметр пожежного всмоктувального трубопроводу по $Q = 876 \text{ л/с}$: $d_{вс} = 900 \text{ мм}$; $v = 1,39 \text{ м/с}$; $1000i = 2,36$.

Втрати напору на тертя, м,

$$h_{тр} = i * l_{вс} = 0,00236 * 40 = 0,0944 \text{ м};$$

$$\sum h_m = (0,15 + 5,00) \frac{1,39^2}{2 \cdot 9,81} = 0,5071 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі

$$h_{вс} = 0,0944 + 0,5071 = 0,6015 \text{ м.}$$

1.5.4.2. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАПІРНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

Відповідно до схеми станції число напірних трубопроводів господарсько-питних насосів приймаємо рівним 2:

$$Q_{расч} = \frac{Q_c}{2}.$$

розрахункова витрата при роботі насосів I ступеня

$$Q_{расч}^I = 227 \text{ л/с};$$

розрахункова витрата при роботі насосів II ступеня

$$Q_{расч}^{II} = 378 \text{ л/с.}$$

При максимальному водорозборі проектують напірний трубопровід

$$Q_{расч} = 876 \text{ л/с.}$$

Гідрравлічний розрахунок напірних трубопроводів виконують на максимальну подачу насосної станції (II ступінь):

По $Q = 378 \text{ л/с}$ визначаємо

$$d = 500 \text{ мм}; \quad v = 1,93 \text{ м/с}; \quad 1000 i = 9,78.$$

В умовах пожежі $Q = 876 \text{ л/с}$, тоді

$$d = 800 \text{ мм}; \quad v = 1,75 \text{ м/с}; \quad 1000 i = 4,39.$$

Втрати напору на тертя, м:

$$h_{mp} = i \cdot l_n;$$

$$\text{II ступінь} \quad h_{mp} = 0,00978 \cdot 110 = 1,0758 \text{ м};$$

$$\text{при пожежі} \quad h_{\text{тр}} = 0,00439 \cdot 110 = 0,4829 \text{ м}.$$

$$\text{Сумарні втрати напору, м:} \quad h_n = 1,10 \cdot h_{mp};$$

$$\text{II ступінь} \quad h_n = 1,10 \cdot 1,0758 = 1,1834 \text{ м};$$

$$\text{при пожежі} \quad h_n = 1,10 \cdot 0,4829 = 0,5312 \text{ м}.$$

1.5.4.3 ПОВНИЙ НАПІР НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Основні розрахункові параметри всмоктувальних і напірних трубопроводів наведені в табл. 1.18

Т а б л и ц я 1.18

Трубопровід	Кіль- кість	d, мм	Q, л/з	v , м/с	1000i	h, м
Всмоктувальний						
госп.-питний	2	600	378	1,34	3,75	0,6213
пожежний	1	900	876	1,39	2,36	0,6015
Напірний						
госп.-питний	2	500	378	1,93	9,78	1,1834
Пожежний	1	800	876	1,75	4,39	0,5312

Необхідний напір насосної станції

$$\text{II} \quad H_p = H_r + \Sigma h + h_{н.с} ..$$

де H_r - геометрична висота підйому води, м;

$$H_r = (Z_c + H_{св} + \Sigma h_w) - Z_{рчв} ..$$

Z_c - позначка початкової точки водогінної мережі міста, м; $H_{св}$ - вільний напір, м; Σh_w - втрати напору у водогінній мережі; приймаємо = 5 м; $Z_{рчв}$ - позначка рівня води в РЧВ, м; Σh - сумарні втрати напору у всмоктувальних і напірних трубопроводах, м; $\Sigma h = h_{вс} + h_n$;

hн.с - утрати напору у внутрішніх комунікаціях насосної станції , м;
приймаємо $h_{н.с} = 2,1953$ (в діапазоні 2 - 2,5 м).

Необхідний напір насосної станції II при роботі насосів II ступеня

Геометричний напір $H_r = (144,9 + 26 + 5) - 134,9 = 41$ м.

Втрати напору $\sum h = 0,6213 + 1,1834 = 1,8047$ м;

$$H_p^{II} = 41 + 1,8047 + 2,1953 = 45$$
 м.

Сумарні втрати напору II ступеня $\sum \Delta h = 4,0$ м.

Необхідний напір H при роботі пожежних насосів:

$H_r = (144,9 + 33 + 5) - 134,9 = 48$ м - геометричний напір при пожежі;

$\sum h = 0,6015 + 0,5312 = 1,1327$ м - втрати напору в трубах;

$$H_p^n = 48 + 1,1327 + 1,8673 = 51$$
 м.

Сумарні втрати напору при пожежі $\sum \Delta h = 3,0$ м.

Напір при роботі насосів I ступеня

Витрата $Q = \frac{454}{2} = 227$ л/с.

При $d_{вс} = 600$ мм (див.п. 5.1)

При $d_{нап} = 500$ мм (див.п. 5.2)

$$1000 \cdot i = 1,43,$$

$$1000 \cdot i = 3,55,$$

$$v = 0,806$$
 м/с.

$$v = 1,16$$
 м/с.

Втрати напору на тертя :

$$h_{мп} = i \cdot l_{вс} = 0,00143 \cdot 40 = 0,0572$$
 м, $h_{мп} = 0,00355 \cdot 110 = 0,3905$ м.

Втрати напору на місцеві опори :

$$\sum h = (0,15 + 5,0) \frac{0,806^2}{2 \cdot 9,81} = 0,1705$$
 м;

$$h_{вс} = 0,0572 + 0,1705 = 0,2277$$
 м; $h_m = 0,10$ h_{тр} ;

$$h_n = 1,10$$
 h_{тр} = $1,10 \cdot 0,3905 = 0,4296$ м.

Геометричний напір $H_r = 41$ м.

$$\sum h = h_{вс} + h_n = 0,2277 + 0,4296 = 0,6573$$
 м;

$$H_p^I = 41 + 0,6573 + 2,3427 = 44$$
 м,

де 2,3427 - втрати напору в комунікаціях станції.

Сумарні втрати напору I ступеня $\sum \Delta h = 3,0 \text{ м}$.

1.5.5. ПІДБОР НАСОСІВ

Підбір насосів здійснюють за основними розрахунковими параметрами:

подачі Q_p і напору H_p (табл. 1.19).

Т а б л и ц я 1.19

Ступінь (група насосів)	Кількість робочих насосів	Розрахункова подача одного насоса Q_p , л/с	H_p , м
Госп.-питної I	2	227	44
Госп.-питної II	2	378	45
Максимальний водорозбір (II ступінь і пожежа)	1	876	51

У насосній станції II підйому проектують горизонтальні ЦБН із двостороннім входом типу Д (ДСТ 11379-80).

За графіком полів $Q - H$ насосів типу Д підбираємо марки насосів:

I ступінь - насос Д800 - 57 (рис. 1.22); $n = 1450$ про/хв.;

II ступінь - насос Д1250 - 65 (рис. 1.23); $n = 1450$ про/хв.; $D = 430$ мм.

Максимальний водорозбір (рис. 1.24)

при роботі пожежних $n = 730$ про/хв.;

насосів Д4000 - 95 $D = 825$ мм.

1.5.6. СПІЛЬНА РОБОТА НАСОСІВ І ТРУБОПРОВОДІВ

Систему «насос-трубопровід» розглядають як єдину. Спільна робота насосів і трубопроводів характеризується режимною точкою системи, яку в практиці гідравлічних розрахунків насосних станцій знаходять графоаналітичним методом. Робота насоса визначається його головною характеристикою $H - Q$; трубопровід також має свою характеристику $H - Q_{mp}$.

Розрахунок характеристики трубопроводу

Характеристика трубопроводу являє собою функціональний зв'язок між напором і витратою води в системі $H = f(Q)_{mp}$, підкоряється

$$\text{рівнянню} \quad H_{mp} = H_r + \sum \Delta h \quad (1.89)$$

$$\text{чи} \quad H_{mp} = H_r + S \cdot Q^2,$$

де $\Sigma \Delta h$ - сумарні втрати напору у всмоктувальних, нагнітальних трубах і внутрішньостанційних комунікаціях, м; S - опір трубопроводу, залежить від діаметра і матеріалу труб $S = \frac{\Sigma \Delta h}{Q_p^2}$.

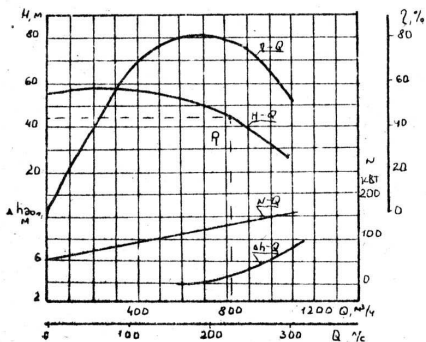


Рис. 1.22 - Характеристики насосів Д800-57 $n = 1450$ об/хв., $D = 402$ мм

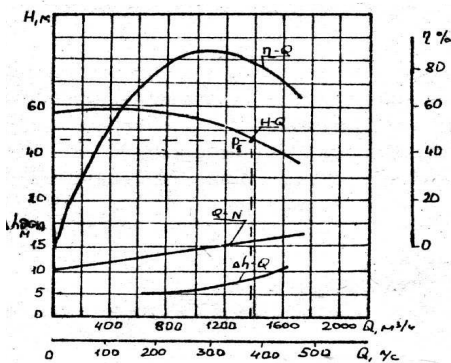


Рис. 1.23 - Характеристики насосів Д1250-65 $n = 1450$ об/хв., $D = 430$ мм

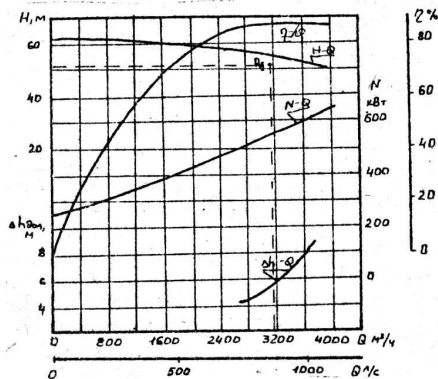


Рис. 1.24 - Характеристики насосів Д400-95 $n = 730$ об/хв $D = 825$ мм

Приймаючи довільно значення витрат води Q , $м^3/з$, обчислюють відповідні значення втрат напору в трубопроводі $\sum \Delta h$, м за формулою $\sum \Delta h = S \cdot Q^2$.

Встановлення значень Q і H для I,II ступенів і при максимальному водорозборі (при пожежі) приведені в табл. 1.20, 1.21 і 1.22

I ступінь $Q = 227 л/с$ $\sum \Delta h = 3,0 м$, $S = \frac{3,0}{0,227} = 57,7$

$$\sum \Delta h = 57,7 \cdot Q^2, \quad H_r = 41 м.$$

Т а б л и ц я 1.20

$Q, м^3 / с$	0,028	0,055	0,083	0,111	0,139	0,167	0,194	0,222	0,258
$\sum \Delta h ,м$	0,046	0,176	0,400	0,717	1,124	1,623	2,190	2,868	3,638
H_{mp} $= H_r +$ $+ \sum \Delta h ,м$	41,046	41,176	41,400	41,717	42,124	42,623	43,623	43,190	44,638

II ступінь $Q = 378 л/с$, $\sum \Delta h = 4,0 м$, $S = \frac{4,0}{0,378} = 28,0$

$$\sum \Delta h = 0,28 \cdot Q^2, \quad H_r = 41 м.$$

Т а б л и ц я 1.21

$Q, м^3 / с$	0,055	0,111	0,167	0,222	0,278	0,333	0,400
$\sum \Delta h ,м$	0,085	0,345	0,780	1,380	2,164	3,105	4,480
$H_{тр} = H_r +$ $+ \sum \Delta h ,м$	41,085	41,345	41,780	42,380	43,164	44,105	45,480

Максимальний водорозбір:

$$Q = 876 л/с, \quad \sum \Delta h = 3,0 м, \quad S = \frac{3,0}{0,876} = 3,9$$

$$\sum \Delta h = 3,9 \cdot Q^2, \quad H_r = 48 м.$$

Таблиця 1.22

$Q, \text{м}^3/\text{с}$	0,111	0,222	0,333	0,444	0,555	0,666	0,777	0,888	1,000
$\sum \Delta h, \text{м}$	0,048	0,192	0,432	0,769	1,201	1,730	2,350	3,075	3,900
$H_{\text{тр}} = H_{\text{г}} + \sum \Delta h, \text{м}$	48,048	48,192	48,432	48,769	49,201	49,730	50,350	51,075	51,900

За даними табл. 1.20, 1.21, 1.22 на рис. 1.25, 1.26, 1.27 побудовані характеристики трубопроводів $H - Q_{\text{тр}}$ для трьох режимів роботи станції разом з головними характеристиками робочих насосів.

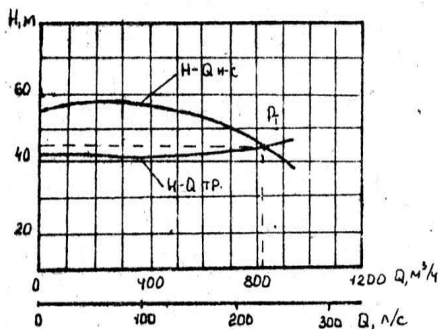


Рис. 1.25 – Побудова характеристики трубопроводу $H - Q$ (I ступінь)

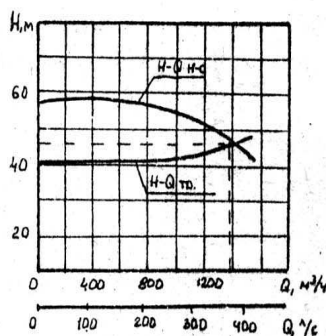


Рис. 1.26 – Побудова характеристики трубопроводу $H - Q$ (II ступінь)

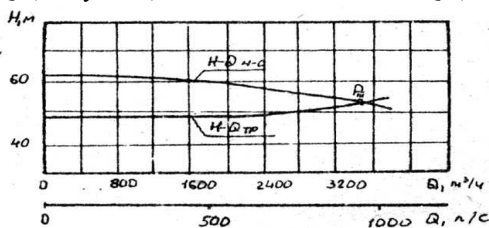


Рис. 1.27 - Побудова характеристики трубопроводу $H - Q$ (II ступінь (пожарн.н-с))

Рівнобіжна робота насосів

У проекті (I і II ступені) передбачена рівнобіжна робота двох однакових насосів Д 800-57 (I ступінь) і Д 1250-65 (II ступінь) на два однакових напірних трубопроводу $d = 500$ мм.

Режим роботи розраховують за прийнятою схемою графічним способом (рис. 1.28, 1.29).

Режимна точка системи: «два насоси - два трубопроводи» характеризується розрахунковими параметрами :

I ступінь : $Q_I = 454 \text{ л/с}, \quad H_I = 44 \text{ м},$

II ступінь : $Q_{II} = 756 \text{ л/с}, \quad H_{II} = 45 \text{ м}.$

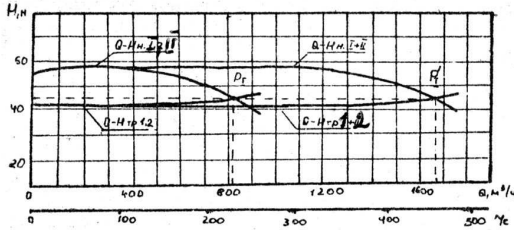


Рис. 1.28 - Характеристики рівнобіжної роботи двох насосів на два трубопроводи (I ступінь)

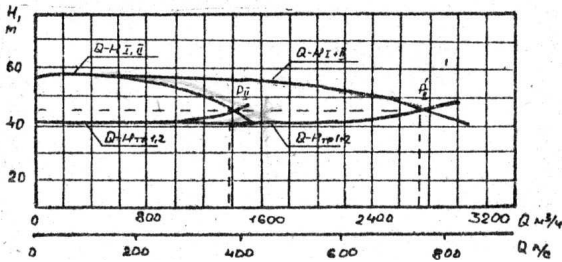


Рис. 1.29 - Побудова характеристики рівнобіжної роботи двох насосів на два трубопроводи (II ступінь)

1.5.7. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГЛИБЛЕННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Величина заглиблення насосної станції $H_{загл} = Z_3 - Z_n$,

де Z_3 - геодезична позначка поверхні землі в насосної станції, м; Z_n - геодезична оцінка підлоги машинного залу станції

$$Z_n = Z_3 - 1\text{ м} - 0,5\text{ м} - h_n + h_p + h_\phi,$$

де $Z_3 = 135,9 \text{ м}$ - позначка землі в насосної станції, м; $h_n = 1,177$ - висота насоса, м; h_p - висота рами, на якій закріплюється насос, м; приймають $h_p = 0,2 \text{ м}$; h_ϕ - висота фундаменту насоса, м; приймають $h_\phi = 0,5 \text{ м}$,

$$Z_n = 135,9 - 1 - 0,5 - 1,177 - 0,2 - 0,5 = 132,52 \text{ м}.$$

Насосну станцію II підйому проектують частково заглибленою. Підлогу машинного залу знаходять на позначці 132,52 м. Величина заглиблення

$$H_{загл} = 135,9 - 132,52 = 3,38 \text{ м}.$$

Приймаємо $H_{загл} = 4 \text{ м}$ (рис. 1.30).

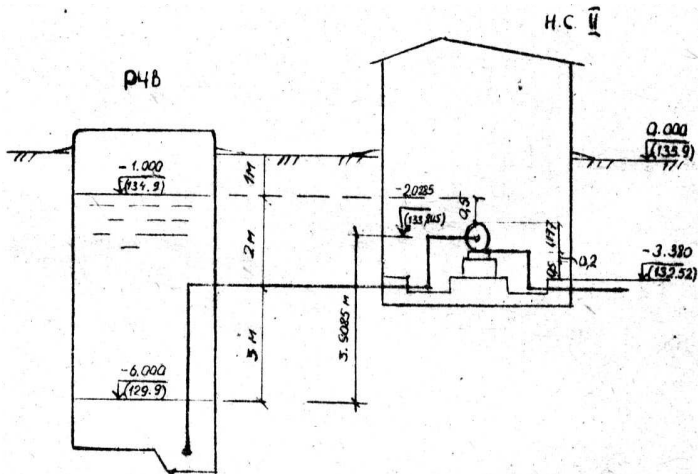


Рис. 1.30 - Схема розташування насосної станції II підйому і РЧВ

2. НАСОСНІ СТАНЦІЇ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

2.1 УСТАТКУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Проектування і розрахунок насосних станцій каналізації полягає у виборі:

- а) основного устаткування (насоси і двигуни);
- б) механічного устаткування (ґрати, дробарки, затвори, клапани, підйомно-транспортні механізми);
- в) допоміжного устаткування:
 - що підводять (розподільні) канали;
 - прийомні резервуари;
 - труби і фасонні частини;
 - аварійні випуски;
 - вакуум-системи;
 - системи технічного водопостачання;
 - системи зкаламучування осаду;
 - дренажно-осушувальні системи;
 - контрольно-вимірювальні прилади і системи автоматики;
 - електричні пристрої та інші системи.

Каналізаційні насосні станції класифікують за родом рідини, що перекачується:

- а) для побутових стічних вод;
- б) для виробничих стічних вод;
- в) атмосферних вод;

г) опадів.

Станції побутових стічних вод бувають:

- районні (перекачувальні стоки з нижчерозташованих колекторів у вищі);
- головні (перекачувальні стоки на очисні споруди).

При проектуванні насосних станцій виробничих вод враховують агресивність стічної рідини.

Станції атмосферних вод споруджують у тому випадку, коли відсутній самоплив до місця скидання.

Станції опадів входять до складу очисних споруд і здійснюють технологічні операції з перекачування:

- осаду з метантенків на обробку осаду;
- вторинних відстійників;
- піску з пісколовок.

Технологія перекачування стоків розділяється на двох операцій:

- механічне очищення від великих домішок;
- перекачування.

Отже, до складу насосної станції повинні входити два приміщення:

- прийомний резервуар з ґратами;
- машинний зал станції.

Станції каналізації бувають таких різновидів:

- а) з роздільним розташуванням прийомного резервуара; сполучені;
- б) незаглиблені (до 4 м); напівзаглиблені (до 7 м); шахтного типу (понад 8 м);
- в) з горизонтальними насосами; з вертикальними насосами; з осьовими насосами;
- г) з ручним керуванням; напівавтоматизовані; автоматизовані з місцевим диспетчерським пунктом; автоматизовані з телекеруванням.

2.1.1. ОСНОВНЕ УСТАТКУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ КАНАЛІЗАЦІЇ

Вибір основного устаткування - конструкції і типу насосів і двигунів - виконують після вивчення і вирішення ряду питань:

- призначення і розташування станції в системі;
- режиму водовідведення;
- продуктивності системи каналізації;
- розрахункових значень подачі (відкачки) Q і напору H ;
- необхідної місткості прийомних резервуарів та ін.

У насосних станціях систем каналізації застосовують динамічні насоси для стічних вод (рис. 1.31). Динамічні насоси об'єднують велику групу насосів відцентрового типу для перекачування побутових і

виробничих стічних вод , різних мас і суспензій. Нижче приведені основні характеристики таких насосів і область їхнього застосування.

Динамічні насоси для стічних вод

Позначення:

ДСТ 11379-80
типи насосів для
стічної рідини
СД - відцентрові
СДС - вільновихреві
В - вертикальні
Г - горизонтальні
П - напівзаглибні

ДСТ 11379-73
фекальні насоси
ФГ - горизонтальні
ФВ - вертикальні
одноступінчаті
двоступінчаті

Приклади:

СД 800/32
СД - динамічні для
стічної рідини
800 - подача, м³/ч.
32 - напір , м.

ФГ 540/95-2
540 - подача, м³ / ч.
95 - напір , м.
2 - двоступінчастий

П р и з н а ч е н н я :

для міських і виробничих стічних та інших вод

$\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$;

$\rho = 6 - 8,5$

t^0 до 80^0C .

Загальні характеристики:

$Q = 1,9 - 3000 \text{ л/с}$;

$H = 5,5 - 110 \text{ м}$;

ККД = 45 - 83 %

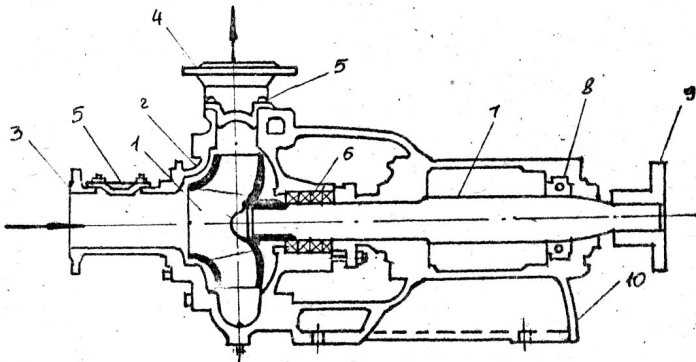


Рис. 2.1 - Динамічний насос для стічних вод типу СД:

1 - робоче колесо; 2 - корпус насоса; 3 - всмоктувальний патрубок;
4 - напірний патрубок; 5 - люки ревізії; 6 - сальникове ущільнення;
7 - вал; 8 - підшипник; 9 - муфта; 10 - опорна станина

Масляні насоси

ФСД, ФМ, БМ, ФМД

Ф - фекальний

С - змішувальний

Д - двосторонній

М - масляні

Б - паперовий

П р и з н а ч е н н я:

для побутових і виробничих стічних вод;

для паперово-целюлозної маси; водяної суспензії.

Загальні характеристики :

ФСД, ФМ, ФМД

БМ

Q = 45 - 610 л/с

Q = 5 - 10 л/с

H = 11 - 39 м.

H = 6 - 85 м.

Каналізаційні заглибні насоси

ЭЦК 16/6, ЭЦК 50/10, ЭЦК 100/10

Э - електричний

Ц - відцентровий

К - каналізаційний

16 - подача, м³/ч.

6 - напір, м.

П р и з н а ч е н н я:

для відкачування стічних вод з ємкостей і колодязів у каналізаційних насосних станціях.

Насоси - дробарки горизонтальні

НДГ 45/7, НДГ 190/9, НДГ 320/17

П р и з н а ч е н н я:

- для побутових і виробничих стічних вод;
- опадів з первинних відстійників.

У насосних станціях каналізації як двигуни використовують асинхронні електродвигуни змінного струму з числом обертів за хвилину: 2900, 1450, 975, 730, 580, 480, 360, 290.

Для вибору марки і кількості робочих насосів, підбору потрібного з розрахунку електродвигуна необхідно визначити подачу Q і напір H каналізаційної насосної станції.

2.1.1.1 ПОДАЧА І НАПІР НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Визначаючи подачу Q і напір H каналізаційної насосної станції, одночасно встановлюють ємкість прийомного резервуара.

Приплив стічної рідини в резервуар станції нерівномірний протягом доби.

Регулюючи місткість прийомного резервуара визначають за графіком припливу стічних вод і відкачки її насосами з резервуара.

Приплив побутових стоків і його розподіл за годинами протягом доби визначають залежно від коефіцієнта нерівномірності $K_{\text{ч}}$ відповідно до водоспоживання населеного пункту. Пропонується зразкова відповідність режимів водоспоживання і водовідведення.

Мінімальна ємкість прийомного резервуара $W_{\text{пр.р}}^{\text{мин}} (\text{м}^3)$ повинна бути не менше 5 - хвилинної подачі одного (найбільш потужного) насоса [3].

При проектуванні каналізаційних станцій подачу насосів приймають рівною максимальному припливу [3] $Q_{\text{н}} = q_{\text{год}}^{\text{макс}}$.

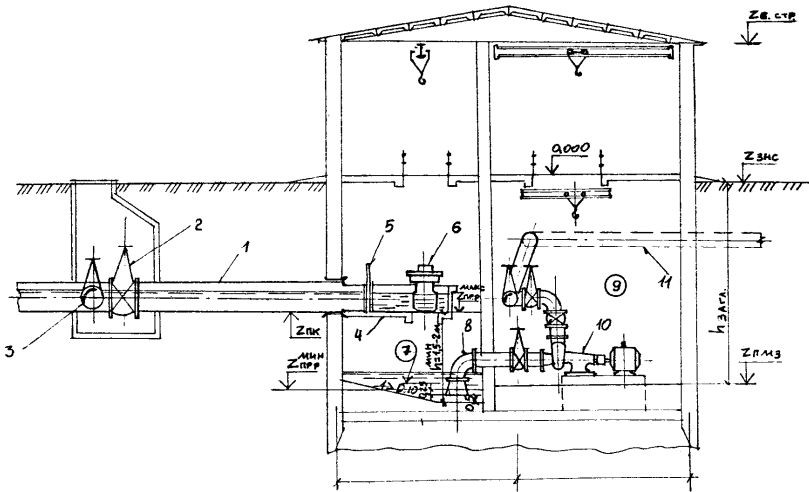


Рис. 2.2 - Насосна станція каналізації

1 – підвідний колектор; 2 - затвор відключення колектора; 3 - аварійний випуск; 4 – підвідний канал; 5 – шабер; 6 - решітки-дробарки; 7 - прийомний резервуар; 8 - всмоктувальні труби; 9 - машинний зал; 10 - насосний агрегат; 11 - напірні труби

Таким чином, місткість резервуара

$$W_{\text{пр.р}}^{\text{мин}} = \frac{q_{\text{год}}^{\text{макс}} \cdot 5}{60}. \quad (2.1)$$

При мінімальних годинних припливах, коли подача насосів (відкачка) перевищує приплив стоків, виникає необхідність частого пере-

ключення насосів, що небажано. Частота включень насосів протягом 1 години допускається до трьох - при ручному керуванні і до п'яти - при автоматичному [1]. На великих станціях рекомендується приймати не більше трьох включень за годину.

Аналіз $q_{\text{год}} = f(t)$ годинного режиму роботи насосів виконують за допомогою графіка

Як приклад на рис. 2.3 побудований такий графік для системи з коефіцієнтом нерівномірності водовідведення $K_{\text{час}} = 1,80$.

Приплив побутових стічних вод (у % добового припливу) у прийомний резервуар станції за годинами доби приведений у табл.2.1.

Максимальний годинний приплив стоків у прийомний резервуар станції $q_{\text{год}}^{\text{макс}} = 7,50 \%$. Згідно з СНіП [3] подача (відкачка стоків з резервуара) насосної станції $Q_n = q_{\text{год}}^{\text{макс}} = 7,50 \%$.

Таблиця 2.1 - Приплив побутових стоків при $K_{\text{год}} = 1,80$

Години	% $Q_{\text{доб}}$	Години	% $Q_{\text{доб}}$
0-1	1,30	12-13	3,60
1-2	1,30	13-14	3,60
2-3	1,30	14-15	4,00
3-4	1,30	15-16	5,60
4-5	1,30	16-17	6,20
5-6	3,50	17-18	6,20
6-7	7,00	18-19	6,20
7-8	7,50	19-20	5,20
8-9	7,50	20-21	3,40
9-10	7,50	21-22	2,20
10-11	6,50	22-23	1,30
11-12	5,20	23-24	1,30

На графіку $q_{\text{год}} = f(t)$ (рис.2.3) лінія припливу в резервуар при максимальній годинній витраті збігається з лінією відкачки стоків насосної станції. Протягом години максимального припливу насоси працюють безупинно.

Побудову лінії припливу і відкачки в інші години доби здійснюють графіко-аналітичним методом. Приймаємо на станції один робочий насос типу СД. Визначаємо мінімальну ємкість прийомного резервуара $W_{\text{нр.р}}^{\text{хв}}$, % $Q_{\text{доб}}$ за формулою

$$W_{\text{нр.р}}^{\text{хв}} = \frac{7,50 \cdot 5}{60} = 0,63. \quad (2.1)$$

Паралельно осі абсцис на полі графіка проводимо горизонтальні (пунктирні) лінії через проміжки, рівні

$$W_{np.p}^{x8} (0,63)$$

Проводиться лінія 50% припливу ($q_{час}^{50\%} \sum = 3,75\%$). Точка перетину горизонтальних рівнобіжних ліній з лініями припливу відповідає моменту наповнення резервуара і необхідності включення насоса.

Лінія б - у, м - д, е - ж - рівнобіжні лінії подачі насосів Q_n . Горизонтальні ділянки про - б, е - м, д - е відповідають часу наповнення резервуара й інтервалу часу між виключенням і включенням насоса (насос не працює). Протягом години при 50% припливі мають місце три цикли роботи насоса : 0 - 20; 20 - 40; 40 - 60 хв.

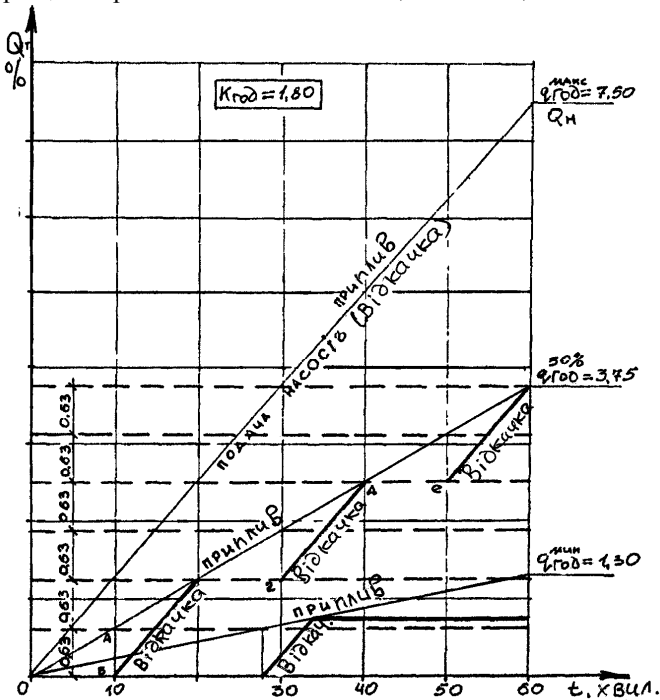


Рис. 2.3 - Графік припливу побутових стоків протягом кожного циклу:

- від 0 до 10 хв
- від 20 до 30 хв
- від 40 до 50 хв
- від 10 до 20 хв
- від 30 до 40 хв
- від 50 до 60 хв

стоки надходять у резервуар
(насос не працює)

тривалість роботи насоса

Таким чином, при 50% припливі стоків у резервуар має місце три включення насоса за годину, що відповідає рекомендаціям [3].

Математично доведено, що найбільше число включень насоса буде спостерігатися в період, коли приплив дорівнюватиме (чи близький) половині подачі [1].

При мінімальному припливі ($q_{\text{зод}}^{x\text{e}} = 1,30 \%$) потрібно буде одне включення в 1 годину.

Отже, прийнята ємкість резервуара $W_{\text{нр.п}}^{x\text{e}} = 0,63 \% Q_{\text{доб}}$ забезпечує частоту включення, що допускається, насосів.

Мінімальна регулююча ємкість прийомного резервуара $W_{\text{нр.п}}^{x\text{e}}$ (м³) при заданому числі включень насоса за годину мінімального припливу може бути визначена за формулою

$$W_{\text{нр.п}}^{x\text{e}} = \frac{Q_{\text{нр}}}{n} \left(1 - \frac{Q_{\text{нр}}}{Q_{\text{н.с}}} \right), \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{ін}}$ - мінімальний вартовий приплив, м³/год;

n - число включень за годину;

$Q_{\text{н.с}}$ - подача насосної станції, м³/ч.

Глибину робочої частини прийомного резервуара приймають не менше 1,5-2 м; найвищий рівень стоків у прийомному резервуарі

$Z_{\text{нр.п}}^{\text{макс}}(M)$ - рівним оцінці лотка колектора, що підводить, а щонайнижчий

$Z_{\text{нр.п}}^{\text{мин}}(M)$ - повинен бути вище отвору всмоктувальної труби не менше ніж на 0,25 м.

Напір насосів $H(M)$ визначають за формулою

$$H = H_e + h_{\text{вс}} + h_{\text{вн}} + h_{\text{з}}, \quad (2.3)$$

де $H_e = Z_n - Z_p$ - геометричний напір, м; Z_n - оцінка підйому стічних вод, м; Z_p - розрахункова оцінка рівня стічних вод, м; $h_{\text{вс}}$ - втрата напору у всмоктувальному трубопроводі, м; $h_{\text{вн}}$ - втрати напору в напірному трубопроводі, м; $h_{\text{з}}$ - запас на вплив (приймається $h_{\text{з}} = 1$ м).

За позначку підйому стічних вод $Z_n(M)$ приймають :

- при приєднанні напірного трубопроводу до колодязя чи каналу, що відводить, вище рівня стічних вод у них - позначка верха напірного трубопроводу;
- при приєднанні напірної труби нижче рівня стічних вод у колодязі чи каналі - позначку максимального розрахункового рівня стоків у них;
- при перетині напірною трубою височини з наступним переходом у нижчерозташованих чи колодязь канал - оцінку верха трубопроводу в найвищій точці висоти.

За оцінку рівня стічних вод $Z_p = (м)$ приймають:

- для станцій з прийомними резервуарами - оцінку середнього рівня стічних вод у резервуарі, що приймають на 1 м нижче лотка колектора, який підводить;
- для станцій без резервуарів - оцінку рівня води в колекторі, що підводить, при мінімальному припливі стоку на станцію.

За розрахунковими параметрами Q і H за допомогою зведеного графіка полів $Q - H$ насосів типу СД [2] вибирають необхідну марку насоса.

2.1.1.2. КОМПОНУВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Після визначення необхідного основного устаткування (насосів і двигунів) здійснюють компонування будівлі насосної станції.

Компонування станції, склад елементів, їхній тип і конструкції визначають за видом стічної рідини, розташуванням колектора, що підводить та іншими умовами.

До складу елементів насосних станцій каналізації входять:

- підвідні канали;
- прийомні резервуари;
- всмоктувальні трубопроводи;
- аварійні випуски;
- основне (насоси, двигуни), механічне і допоміжне устаткування станції;
- напірні трубопроводи та інше устаткування.

Наземні станції виконують прямокутними в плані.

Будівлі заглиблених насосних станцій складаються з підземної частини і верхньої будівлі. Підземна частина насосної станції - кругла в плані, наземна - прямокутна.

Величина заглиблення насосної станції (м)

$$h_{\text{загл}} = Z_{\text{знс}} - Z_{\text{пмз}}, \quad (2.4)$$

де $Z_{\text{знс}}$ - оцінка поверхні землі в станції, м; $Z_{\text{пмз}}$ - оцінка поверхні підлоги машинного залу станції, м.

$$Z_{\text{пмз}} = Z_{\text{пк}} - (1,5 - 2,0), \quad (2.5)$$

де $Z_{\text{пк}}$ - оцінка лотка колектора, що підводить, м.

Висота верхньої будівлі насосних станцій каналізації визначають аналогічно насосним станціям водопостачання [1].

2.1.2. МЕХАНІЧНЕ І ДОПОМІЖНЕ УСТАТКУВАННЯ СТАНЦІЙ КАНАЛІЗАЦІЇ

Решітки, що затримують велике сміття, встановлюють у підвідних каналах, на відстані не менше 0,5 м від лотка колектора. Шири-

ну прозорів ґрат визначають залежно від типорозмірів застосовуваних насосів на станції і може змінюватися від 20 до 120 мм.

Застосовують три типи нерухомих ґрат, розташовуваних поперек каналу:

- московського типу, встановлювана під кутом 60-80⁰; очищається механічними граблями, що рухаються перед ґратами за течією стічної рідини в каналі;
- лєнінградського типу, встановлювана під кутом 60⁰ до обрїю; очищається граблями, що рухаються за ґратами;
- вертикальні, що очищаються граблями за ґратами.

Число грабелъ - не більше чотирьох, при невеликому забрудненні стоків - може бути зменшене до однієї.

Затримане смїття вивантажують на сортувальний стїл дробарки (чи на транспортуючий пристрій).

При кількості смїття 0,1 м³/доб і більше - застосовують механічне очищення ґрат; менше 0,1 м³/доб. допускається ручне очищення ґрат.

Площа живого перерїзу проходу робочої частини ґрат (м²)

$$F_p = \sum F_p / n \quad , \quad (2.6)$$

де $\sum F_p = Q_{max} / V$ - необхідна площа живого перетину всїх ґрат, м; Q_{max} - максимальний приплив стоків , м³/з; V - швидкїсть руху рїдини в щїлинах, м/с; (приймають = 0,6 - 0,8 м/с); n - число робочих ґрат.

Знаючи F_p за таблицями [3] пїдбирають марку ґрат.

При двох і більше робочих ґратах приймають два резервні; при числі робочих ґрат менше двох - одні резервні.

Розміри поперечного перерїза каналу, де встановлюються ґрати, приймають залежно від розміру ґрат.

Швидкїсть руху стоків у каналі перед ґратами дорівнює самоочищуючий.

У каналі перед ґратами встановлюють шибєрний затвор. Перед примїщенням ґрат (в окремїй камерї) встановлюють аварїйний затвор (засувка) з аварїйним випуском до водойму чи зливу мережу.

Побрїбнювання смїття, знятого граблями з ґрат, здїйснюють в машинах-дробарках, що бувають декїлькох типів, у тому числі:

- молотковї дробарки;
- ґрати-дробарки;

Тип і вантажопїдйомнїсть пїдйомно-транспортного устаткування, установлюваного на станції, визначають залежно від типорозмірів і ваги насосних агрегатів і іншого устаткування [1].

На станції передбачається технїчне водопостачання:

- чиста вода подається на охолодження і гідроущільнення сальників робочих насосів (0,3-0,5 л/с);
- на живлення вакуум-насосів (0,085 л/с);
- на періодичне промивання ущільнювальних кілець робочих коліс насосів СД (8-12 л/с);
- на періодичне промивання імпульсних трубок дифманометрів.

На станції застосовують контрольно-вимірювальні прилади й устаткування: вакуумметри, манометри, витратоміри (труби і витратоміри Вентури, електромагнітні прилади) та ін.

Зкаламучення осаду, що випадає в прийомному резервуарі, роблять за допомогою системи зкаламучення.

Перфоровані труби (діаметром не менше 50 мм) системи зкаламучення осаду укладають за периметром резервуара, а відкриті патрубки - у вхідних лійок всмоктувальних труб насосів. У систему зкаламучення подають технічну воду під тиском. Періодично осад з мертвих зон резервуарів змивають напором води з технічної системи водопостачання.

Для збору і видалення з приміщення пролітої чи дренажної води підлогою машинного залу станції надається ухил 0,03 - 0,05 убік збірного приймка, звідки вода перекачується дренажними насосами в прийомний резервуар.

2.2. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Головна насосна станція (ГНС) каналізації перекачує стічну рідину з головного колектора на очисні споруди (див. рис. 2.4)

Вихідні дані:

- максимальний добовий приплив стічних вод $Q_{\text{max,доб}} = 20000 \text{ м}^3/\text{доб}$;
- коефіцієнт годинної нерівномірності водовідведення $K_{\text{ч}} = 1,80$;
- оцінка рівня стічних вод наприкінці напірного водоводу в точці зливу $Z_{\text{изл}} = 100,0 \text{ м}$;
- оцінка землі в насосної станції $Z_{\text{знс}} = 68,50 \text{ м}$;
- оцінка лотка колектора, що підводить $Z_{\text{до}} = 63,50 \text{ м}$;
- оцінка нижчого рівня стічних вод у прийомному резервуарі $Z_{\text{min усв}} = 62,00 \text{ м}$;
- довжина всмоктувальних труб $l_{\text{вс}} = 2 \text{ м}$;
- довжина напірного водоводу $l_{\text{н}} = 1000 \text{ м}$.

2.2.1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

За основу при виконанні проекту прийнятий типовий проект каналізаційної насосної станції, застосовуваної при заглибленні колектора, що підводить, на 4 - 7 м. (рис.2.5).

Використання типового проекту рекомендується при проектуванні насосної станції каналізації для перекачування господарсько-побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод з попереднім очищенням їх від сміття на механізованих ґратах і наступному подрібненні зібраного сміття на дробарці конструкції Мосводоканал НДІ проект - Д-3, що має продуктивність 300-600 кг/год.

Розглядається каналізаційна насосна станція шахтного типу діаметром 11 м, сполучена з прийомним резервуаром. Такі станції рекомендується будувати поза зоною забудови житловими спорудами. При розміщенні станції в житловій зоні між житловими будинками і каналізаційною насосною станцією передбачається розрив 20 - 25 м і захисні зелені насадження.

Насосна станція запроектована для роботи в автоматичному режимі (без постійного обслуговуючого персоналу). Разом з тим у проекті передбачені приміщення для обслуговуючого персоналу на період налагодження і ремонтних робіт.

Продуктивність станції:

750 м³/год при робочому насосі марки СМ 250 - 200 - 400 / 4 ;

1500 м³/год при двох робочих насосах марки СМ 250 - 200 - 400/4, коефіцієнт корисної дії яких 71 %.

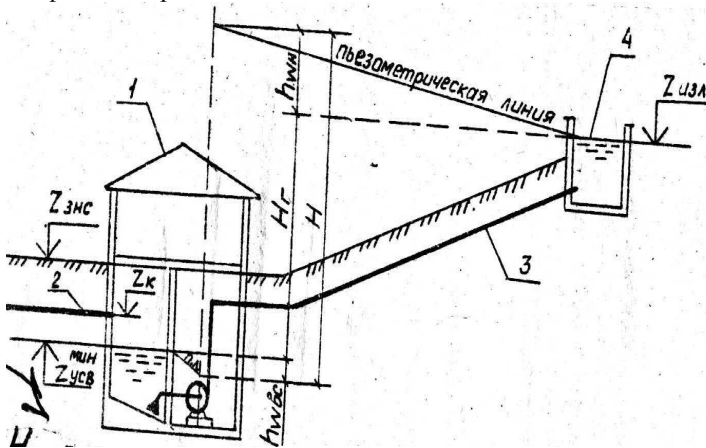


Рис. 2.4 - Схема ділянки системи каналізації ГНС, водовода на очисні споруди:

1 - головна насосна станція (ГНС); 2 – підвідний колектор; 3 - напірні трубопроводи; 4 - камера гасіння напору очисних споруд (ОС) каналізації; $Z_{влз}$ - оцінка рівня стічних вод у точці злива; $Z_{нзс}$ - оцінка землі в насосної станції ; $Z_{до}$ - оцінка лотка колектора, що підводить; $Z_{мін\ у\ с\ в}$ - оцінка нижчого рівня стічних вод у прийомному резервуарі

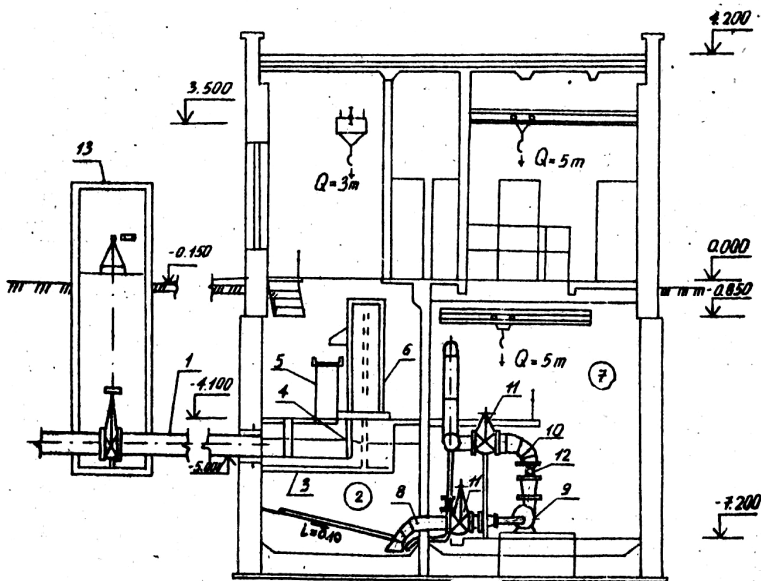


Рис 2.5 - Типовий проект каналізаційної насосної станції:

1 – підвідний колектор; 2 - прийомний резервуар; 3 - лоток завантажувальний; 4 - ґрати; 5 - механічні ґраблі; 6 - дробарка; 7 - машинний зал станції; 8 - всмоктувальна труба; 9 - насос; 10 - напірна труба; 11 - засувка; 12 - зворотний клапан; 13 - камера відключення з аварійним випуском

2.2.2. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

Насосна станція каналізації шахтного типу складається з надземної і підземної частин. Остання, у свою чергу, розділяється на два приміщення: прийомний резервуар і машинне відділення станції. Підземна частина будинку - круглої форми в плані - з монолітного залізобетону, надземна частина - прямокутної форми - із цегли.

2.2.2.1 ПРИЙОМНИЙ РЕЗЕРВУАР

Об'єм регулюючої ємкості прийомного резервуара розраховують відповідно до режиму роботи і величиною загальної подачі насосної станції: якщо регулюючий об'єм малий, то він не забезпечить рівномірності роботи станції; якщо ж він занадто великий, то з'явиться небезпека випадання великої кількості зважених речовин зі стічної води, що приводить до швидкого замулення прийомного резервуара і, можливо, до загнивання стічної рідини.

Відповідно до розрахунку ємкість прийомного резервуара $W = 65 \text{ м}^3$. Глибина робочої частини прийомного резервуара - 2 м. Дну прийомного резервуара надають ухил від зовнішніх стін до приямка $i = 0,1$.

Зкаламучення осаду, що випадає в резервуарі, здійснюється за допомогою покладених за периметром ємкості трубопроводів зкаламучення, куди подається вода з напірного трубопроводу. Мінімальний діаметр трубопроводів зкаламучення - 50 мм.

Під час профілактичних ремонтів резервуара або в години мінімальних припливів періодично змиваючи осад з мертвих зон резервуара брандспойтами. Спуск у прийомний резервуар здійснюють через спеціальний люк по ходових скобах.

2.2.2.2 ГРАБЕЛЬНЕ ПРИМІЩЕННЯ

У грабельному приміщенні розташовують два підвідних канали, в одному з яких установлені механічні граблі марки МГ 1000/1600 - 11 А шириною 1000 мм, в другому - грати з ручним очищенням (ремонтна) і дірчасте корито для сміття з решітки. Для подрібнення сміття установлюється дробарка молоткового типу марки Д - 3 продуктивністю 300 - 600 кг / год, конструкції Мосводоканал НДІ проекту. Грати з ручним очищенням включається в роботу під час ремонту механічних грат. Другий комплект механічних грат і дробарки зберігається на складі.

На підвідних каналах до механічних грабелів і ручних грат, а також після них передбачена установка затворів. Граблі періодично знімають сміття, затримані гратами, піднімають їх і скидають на завантажувальний лоток.

Пуск і зупинка механічних грабелів здійснюють автоматично. Подрібнене сміття скидають у прийомний резервуар, а не підлягає дробленню - накопичується в "цебрах".

2.2.2.3 МАШИННИЙ ЗАЛ СТАНЦІЇ

У машинному залі розміщені три відцентрових каналізаційних насоси марки СМ 250 - 200 - 400/4 з напірними й всмоктувальними трубопроводами і трубопровідною арматурою: два - робочі; один - резервний. Для технічного водопостачання встановлені насоси марки 2ДЮ - 6а.

Відкачують дренажні води насосом типу ГНОМ 25 - 20. Трубопроводи в межах насосної станції - сталеві зі сталевими звареними фасонними частинами. З'єднання фасонних частин з арматурою і насосами - на фланцях. Всмоктувальні й напірні труби насосів по перекачуванню стічної рідини мають діаметр $d = 450 \text{ мм}$.

Насоси СМ 250 - 200 - 400/4 встановлюють під затокою; їх робота автоматизована залежно від рівня стічних вод у прийомному резервуарі. На напірних патрубках насосів установлюють зворотні клапани.

Засувки на усмоктувальних і напірних водоводах у насосів прийняті з ручним керуванням. Автоматичне включення насосів СМ - 250 -200 - 400/4 здійснюється при відкритих засувках на всіх трубопроводах. Закриваються засувки тільки на час ремонтних робіт. При включенні чи аварійній зупинці одного з робочих насосів, а також при аварійному рівні стічних вод у прийомному резервуарі передбачається автоматичне включення резервного насоса.

2.2.2.4. ПІДЙОМНО – ТРАНСПОРТНЕ УСТАТКУВАННЯ

Для монтажу і демонтажу устаткування, для виконання ремонтних робіт у машинному відділенні передбачені:

- у підземній частині - кран ручною підвісною одnobалковою вантажопідйомністю 5 т;
- у надземній частині - монорейка з таями вантажопідйомністю 5т.

Для монтажу і демонтажу устаткування, а також для ремонтних робіт у підземній частині грабельного приміщення передбачена монорейка з ручними таями вантажопідйомністю 3 т.

2.2.2.5 ВНУТРІШНІЙ ВОДОПРОВІД І КАНАЛІЗАЦІЯ

Насосна станція обладнана системами господарсько-питного і виробничого водопроводу, каналізації, а також припливно-витяжною вентиляцією, роздільною для прийомного резервуара і машинного залу. Вода подається з міської водогінної мережі по двох вводах діаметрами : $d_1=d_2=50$ мм.

Система господарсько-питного водопроводу забезпечує подачу води до всіх санітарних приладів; система виробничого водопроводу подає воду для охолодження масляних ванн електродвигунів, змащення вкладишів підшипників насосів, ущільнення й охолодження сальників, змащення підшипників грат.

Стоки від санітарних приладів скидаються безпосередньо в канал прийомного резервуара перед ґратами.

2.2.3 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАСОСІВ І ЄМКОСТІ ПРИЙОМНОГО РЕЗЕРВУАРА

Режим роботи каналізаційних насосних станцій визначається режимом добового припливу стічних вод, що залежить від величини коефіцієнта годинної нерівномірності даного каналізованого об'єкта.

У табл. 2.2 виробляється добовий розподіл припливу стічних вод від населення і підприємств міста при заданому $K_c = 1,80$.

Звичайно на практиці для станцій подібного типу продуктивність насосів приймають рівною максимальному годинному припливу стічних вод, $q_{\max \text{ год}}$ [3]: $q_{\max \text{ год}} = 7,5 \% * Q_{\max \text{ доб}}$, що складає 417 л/с.

Таблиця 2.2 - Сумарна побудова стічних вод від населення міста і підприємств за годинами доби при $K_{\text{нас}} = 1,80$

години	години доби	Добовий приплив		
		%	м ³ /ГОД.	л / з
1	0-1	1,25	250	69,5
2	1-2	1,25	250	69,5
3	2-3	1,25	250	69,5
4	3-4	1,25	250	69,5
5	4-5	1,25	250	69,5
6	5-6	3,3	660	183,48
7	6-7	5	1000	278
8	7-8	7,2	1440	400,38
9	8-9	7,5	1500	417
10	9-10	7,5	1500	417
11	10-11	7,5	1500	417
12	11-12	6,4	1280	355,78
13	12-13	3,7	740	205,72
14	13-14	3,7	740	205,72
15	14-15	4	800	222,4
16	15-16	5,7	1140	316,92
17	16-17	6,3	1260	350,28
18	17-18	6,3	1260	350,28
19	18-19	6,3	1260	350,28
20	19-20	5,25	1050	291,9
21	20-21	3,4	680	189,04
22	21-22	2,2	440	122,32
23	22-23	1,25	250	69,5
24	23-24	1,25	250	69,5
	Разом	100	20000	5560

Продуктивність кожного з прийнятих на станції двох робочих насосів дорівнює: $Q_{\text{нас}} = 7,5/2 = 3,75 \text{ \%} * Q_{\text{мах доб}}$, що складає:

$$Q_{\text{нас}} = 20000 * 3,75/100 = 750 \text{ м}^3/\text{год чи } 208,5 \text{ л/с.}$$

Приплив стічних вод до насосної станції нерівномірний за годинами доби. Для забезпечення максимально можливого оптимального режиму роботи насосів треба встановити (залежно від їхньої подачі) необхідну регулюючу місткість прийомного резервуара за графіком припливу побутових стічних вод (з урахуванням надходження стічних вод від промислових підприємств) і відкачки стічної рідини.

Графік припливу побутових стічних вод у резервуар за годинами доби приймають залежно від загального коефіцієнта нерівномірності (за завданням $K_{\text{ч}} = 1,80$).

Як уже відзначалося при проектуванні насосних станцій каналізації подачі насосів звичайно приймають рівною максимальному годинному припливу. СНіП [3] передбачає створення мінімальної прийомної ємкості на п'ятихвилинний приплив у години максимального припливу стічних вод.

У години мінімального і середнього припливу подача насосів перевищує приплив рідини і їх доводиться часто виключати і включати, при автоматичному керуванні призначається до п'яти включень за годину.

На графіку рис.3 по осі ординат відкладають значення припливу стічної води і подачі насосів у відсотках від добового припливу, а по осі абсцис - час у хвилинах. Подачу насосів приймають рівної максимальному годинному припливу - 7,5 % , тому на графіку лінії припливу і відкачки в час максимального припливу збігаються (лінії 1) .

Для побудови графіка подачі насосів у години 50-процентного (лінія 2) і мінімального (лінія 3) припливів визначають мінімально допустиму місткість прийомного резервуара у відсотках від максимального годинного припливу:

$$\text{При } K_{\text{общ}} = 1,80; q_{\text{макс год}} = 7,5 \%, \text{ тоді}$$

$$W = 7,5 * 5/60 = 0,625 \% * Q_{\text{макс доб}}$$

Отримане значення W відкладають по осі ординат і проводять пунктирні лінії, рівнобіжні осі абсцис. Точки перетину пунктирних ліній з лініями припливу відповідають моменту наповнення резервуара і необхідності включення в роботу насосів (це точки **1,2,3**). З точки перетину пунктирної лінії з лінією припливу (точка **1**) опускають перпендикуляр на вісь абсцис і з отриманої точки **а** проводять лінію **аб**, рівнобіжну лінії подачі насосів – **1**, до перетину з лінією припливу **2**. Точка перетину лінії припливу і відкачки **б** відповідають моменту спорожнення резервуара і виключення насосів з роботи.

Горизонтальна ділянка **бв** відповідає часу наповнення резервуара й інтервалу часу між включенням і вимиканням насосів. При досягненні різниці ординат лінії **2** і горизонтальної ділянки **бв**, рівної прийнятій місткості резервуара ($0,625 \% Q_{\text{макс с}}$) насоси включаються в роботу – лінія **вг**. Далі побудови повторюють за аналогією з викладеним вище.

Подібний графік наповнення і відкачки стоків з резервуара може бути побудований при мінімальному припливі стічної рідини . Ламані лінії **а, б, у, м, д, е** і **и, до, л** є графіками режиму роботи насосів у годинник 50 – процентного і мінімального припливів.

З графіка рис. 2.6 видно, що прийнята місткість резервуара забезпечує частоту включення, яке допускається, насосних агрегатів (до п'яти включень у годину). У табл. 2.2 припливу, рівного 3,75 %, нема, тому ємкість прийомного резервуара визначається за припливами стічних вод, близькими до 3,75 % (3,7 і 4 %).

Продуктивність насосної станції $Q_{\text{н.с.}} = 1500 \text{ м}^3/\text{год} = 417 \text{ л/с}$; ємкість прийомного резервуара $W = 0,6250 \% * Q_{\text{сут}} = 125 \text{ м}^3$.

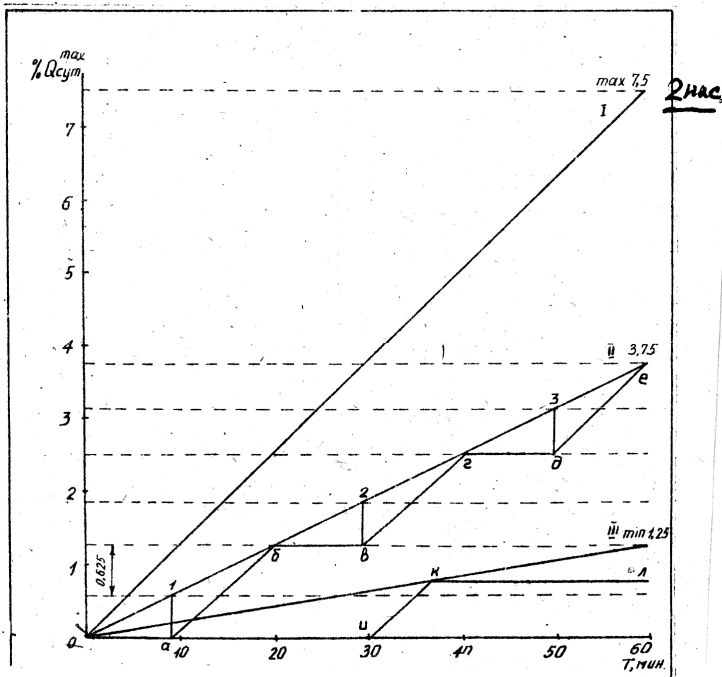


Рис. 2.6 - Графік погодинного режиму роботи насосної станції:
 I – лінія максимального припливу; II – лінія 50 – процентного припливу;
 III – лінія мінімального припливу; 1, 2, 3 – моменти наповнення резервуара;
 а, б, м, е – моменти спорожнення резервуара; а, у, д – моменти включення насосів

2.2.4 ПОПЕРЕДНЄ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНОГО НАПОРУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Для попереднього підбору марок насосів може бути приблизно визначений повний напір станції. Повний напір насосів $H = H_r + h_n + h_{nc}$, де H_r – геометричний напір, м; h_n – втрати напору в напірному водоводі, м; h_{nc} – втрати напору в комунікаціях насосної станції, м.

Попередньо визначають геометричну висоту підйому стічних вод каналізаційними насосами станції H_r , м: $H_r = h_1 + h_2 + h_3$, де h_1 – відстань від нижчого рівня стічних вод у прийомному резервуарі до лотка колектора; $h_1 = z_{до} - z_{мін усв}$; $h_1 = 1,5$ м [1]; h_2 – глибина залягання підвідного колектора, $h_2 = z_{знс} - z_{до}$, $h_2 = 5$ м; h_3 – переви-

щення оцінки поверхні землі наприкінці напірного водовода в точці злива над оцінкою землі насосної станції, $h_3 = z_{\text{изл}} - z_{\text{знс}}$, $h_3 = 31,5$ м.

Геометрична висота підйому насосів (геометричний напір).

$$H_r = 1,5 + 5 + 31,5 = 38 \text{ м.}$$

Втрати напору в напірних водоводах обчислюють після підбору діаметрів напірних ліній. Приймають два напірних водовода поза станцією, що відводять стічну воду від каналізаційної насосної станції до очисних споруд.

При розрахунковій витраті рідини в одній напірній лінії $q = 208,5$ л/с за допомогою табл. 44 [5] підбирають діаметр $d_n = 450$ мм. При цьому знаєні діаметра шляхом інтерполяції установлюється швидкість руху стічних вод у напірних водоводах:

$$V_{\text{нагн}} = 1,3 + (1,4 - 1,3) * (208,5 - 206) / (222,1 - 206) = 1,32 \text{ м/с}$$

питомі втрати напору

$$i = 0,0049 + (0,0057 - 0,0049) * (208,5 - 206) / (222,1 - 206) = 0,005 \text{ м.}$$

Втрати напору за довжиною на тертя в напірному водоводі довжиною

$$l_n = 1000 \text{ м: } h_{\text{тр. нагн}} = i * l_n = 0,005 * 1000 = 5 \text{ м.}$$

Втрати напору на місцеві опори в напірному водоводі орієнтовно приймають рівними 10 % від втрат напору за довжиною:

$$h_{\text{м. нагн}} = 5 * 0,1 = 0,5 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору : $h_{\text{в.н}} = 5 + 0,5 = 5,5$ м.

При попередньому підрахунку напору для підбору насосного устаткування станції сумарні втрати напору в комунікаціях усередині насосної станції можна прийняти орієнтовно рівними 3 м. Повний напір, що розвивається насосами, $H = 38 + 5,5 + 3 = 46,5$ м.

За основними розрахунковими параметрами

- подачі $Q_{\text{макс н}} = 208,5$ л/с ($750 \text{ м}^3/\text{ч}$),
- напору $H = 46,5$ м

за допомогою зведеного графіка полів $Q - H$ насосів для стічних рідин [2] підбирають необхідну марку насоса: СМ 250-200-400/4.

2.2.4.1 РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВІДІВ І УСТАТКУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

У проекті прийнято: два всмоктувальних трубопроводи довжиною $l_{\text{вс}} = 2,0$ м; два напірних трубопроводи довжиною $l_n = 1000,0$ м.

Схема трубопроводів насосної станції подана на рис. 2.7.

Всмоктувальні лінії

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі при $q_{\text{вс}} = 208,5$ л/с, $d_{\text{вс}} = 450$ мм. По інтерполяції $V_{\text{вс}} = 1,32$ м/с, $i = 0,005$ [5]

$$h_{\text{вс}} = h_{\text{лвс}} + \sum h_{\text{мвс}},$$

де $h_{1\text{вс}}$ – втрати напору по довжині, м; $\sum h_{\text{мвс}}$ – сума місцевих втрат напору у всмоктувальній трубі, м.

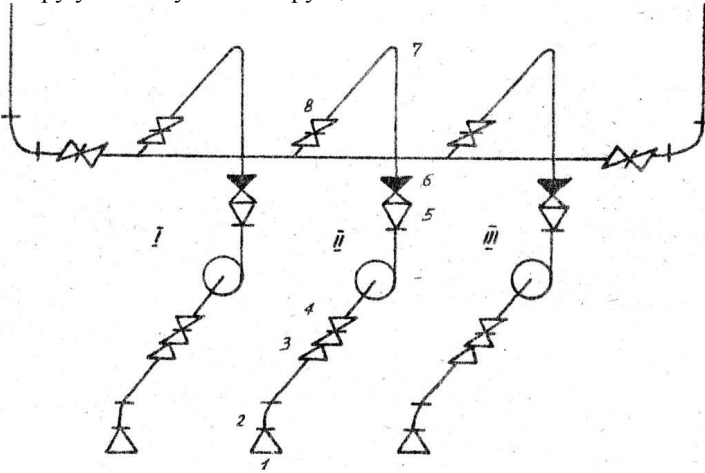


Рис. 2.7 - Схема трубопроводів насосної станції:

I, II, III – трубопроводи насосної станції; 1 – вхідний патрубок; 2 – коліно; 3 – поступове звуження трубопроводу; 4 – засувка; 5 – поступове розширення трубопроводу; 6 – зворотний клапан; 7 – коліно; 8 – засувка

Втрати напору за довжиною $h_{1\text{вс}}$, м, всмоктуючих труб визначають за формулою

$$h_{1\text{вс}} = i + l_{\text{вс}}, \quad (2.9)$$

де i – питомі втрати напору ($i = 0,005$); $l_{\text{вс}} = 2,0$ м;
 $h_{\text{вс}} = 0,005 \cdot 2,0 = 0,01$.

Втрати напору на місцеві опори у всмоктувальному трубопроводі

$$\sum h_{\text{м}} = \sum \xi_{\text{м}} \frac{V^2}{2g}, \quad (2.10)$$

де V – середня швидкість у трубопроводі, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; $\sum \xi_{\text{м}}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів, до складу яких входять лійки всмоктувальні, коліно, перехід, засувки.

Лійка всмоктувальна за нормальним сортаментом $\xi_{\text{лійка}} = 0,1$,
 $V = 1,32$ м/с (при прийнятому $d_{\text{вс}} = 450$ мм),

$$h_{\text{лійка}} = \frac{0,1 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0089 \text{ м.}$$

Коліно з обліком 90° за нормальним сортаментом $\xi_{\text{коліно}} = 0,55$,
 $V = 1,32$ м/с,

$$h_k = \frac{0,55 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,049 \text{ м.}$$

Перехід косий зварений (звужуючої) з діаметра умовного проходу $d_{bc} = 450$ мм на діаметр $d_0 = 200$ мм, $\xi_{пер} = 0,1$,

$$V_2 = \frac{4g}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{4 \cdot 0,2085}{3,14 \cdot 0,2^2} = 6,64 \text{ м/с;}$$

$$h_{пер} = \frac{0,1 \cdot 6,64^2}{2 \cdot 9,81} = 0,2247 \text{ м.}$$

Засувка рівнобіжна з висувним шпинделем діаметром умовного проходу $d_0 = 200$ мм повністю відкрита: $\xi_{завл} = 0,15$; $V_2 = 6,64$ м/с;

$$h_{завл} = \frac{0,15 \cdot 6,64^2}{2 \cdot 9,81} = 0,3379 \text{ м.}$$

Місцеві втрати напору у всмоктувальному трубопроводі $\Sigma h_{мвс,м}$, рівний:

$$\Sigma h_{мвс} = h_{мілка} + h_{до} + h_{пер} + h_{завл} = 0,0089 + 0,0490 + 0,2247 + 0,3379 = 0,6205 \text{ м.}$$

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі

$$h_{мвс} = 0,01 + 0,6205 = 0,6305 \text{ м.}$$

Напірні лінії

При визначенні втрат напору в напірному водоводі враховують втрати на тертя і місцевий опір. Втрати напору на тертя складають $h_{тр} = 5$ м (див 2.2.4).

Втрати напору на місцевий опір обчислюють за формулою (2.10). До складу місцевих опорів входять: перехід, клапан зворотний, коліно, трійник, засувка.

Перехід прямий звареної (розширюючий) з діаметром умовного проходу $d_0 = 200$ мм на $d_n = 450$ мм; $\xi_m = 0,25$; $V_2 = 6,64$ м/с:

$$h_{пер} = \frac{0,25 \cdot 6,64^2}{2 \cdot 9,81} = 0,5618 \text{ м.}$$

Клапан зворотний поворотний з діаметром умовного проходу $d_n = 450$ мм; $\xi_m = 1,7$:

$$V_2 = \frac{4g}{\pi \cdot d_n^2} = \frac{4 \cdot 0,2085}{3,14 \cdot 0,45^2} = 1,32 \text{ м/с;}$$

$$h_{кл} = \frac{1,7 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,151 \text{ м.}$$

Коліно з кутом 90^0 за нормальним сортаментом $\xi_m = 0,55$; $V_3 = 1,32$ м/с; $h_{коліно} = 0,0488$ м.

Трійник звареної фланцевий при з'єднанні потоків $\xi_{\text{тр}} = 1,5$;
 $V_3 = 1,32$ м/с:

$$h_{\text{мп}} = \frac{1,5 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 0,81} = 0,1350 \text{ м.}$$

Засувка рівнобіжна з невисувним шпинделем з $d_n = 450$ мм, по-
 вністю відкрита: $\xi_{\text{завб}} = 0,15$; $V = 1,32$ м/с;

$$h_{\text{завб}} = \frac{0,15 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,01333 \text{ м.}$$

Трійник зварений фланцевий на магістралі за відсутності витра-
 ти у відгалуженні $\xi_{\text{тр}} = 1,0$; $V = 1,32$ м/с;

$$h_{\text{тр}} = \frac{1 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0888 \text{ м.}$$

Клапан зворотний поворотний з діаметром умовного проходу,
 $d_o = 450$ мм, поза будівлю станції $\xi_{\text{кл}} = 5$; $V = 1,32$ м/с,

$$h_{\text{кл}} = \frac{56 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,4440.$$

Місцеві втрати складають:

$$\sum h_m = h_{\text{пер}} + h_{\text{кл}} + h_{\text{колійно}} + h_{\text{мп}} + h_{\text{завб}} + h_{\text{тр}} + h_{\text{кл}} =$$

$$= 0,5618 + 0,1510 + 0,0488 + 0,1350 + 0,0133 + 0,0888 + 0,4440 = 1,4407 \text{ м.}$$

Сумарні втрати напору в напірному трубопроводі складають:

$$h_{\text{вн}} = h_{\text{лн}} + \sum h_m = 5 + 1,4407 = 6,4407 \text{ м.}$$

2.2.4.2 ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНОГО НАПОРУ СТАНЦІЇ

Повний напір насосів

$$H = H_g + h_{\text{ввс}} + h_{\text{вн}} + h_{\text{нс}},$$

де H_g - геометрична висота підйому стічної рідини, що перекачується,
 (у розглянутому випадку $H_g = 38$ м); $h_{\text{ввс}}$, $h_{\text{вн}}$ - сумарні втрати напору
 у всмоктувальному і напірному трубопроводах, м; $h_{\text{нс}}$ - втрати напору
 у внутрішніх комунікаціях станції, м.

Необхідний розрахунковий напір насосів на станції

$$H = 38,000 + 0,6305 + 6,4407 + 2,9288 = 48,00 \text{ м.}$$

2.2.5 ПІДБІР НАСОСІВ

При виборі марок насосів важливо встановити основні технічні
 показники, головним з яких є обсяг подаваної насосом рідини в оди-
 ницю часу (подача). Другим основним показником роботи насосів є
 тиск, що розвивається ними (напір).

Подачі 750 м³/год і напору 48,00 м відповідає насос СМ 250-200-400/4 .

Насоси СМ випускають за ТУ 26-06-1490-87, призначені для перекачування побутових, промислових стічних вод та інших забруднених рідин з водневим показником рН від 6 до 8,5 кінематичною в'язкістю не більше 1*10⁻⁶м² щільністю до 1050 кг/м³, температурою до 80⁰С з вмістом абразивних часток за обсягом не більше 1% розміром до 5 мм і мікротвердістю не більше 900 Ппа [4] .

Характеристики насоса СМ 250-200-400/4 приведені на рис. 2.8 і в табл. 2.3. Розрахункова точка Р розташовується трохи нижче головної характеристики насоса Н-Q, при номінальному діаметрі робочого колеса. Передбачається, що надлишковий напір Н_{изб} = 4 м гаситься прикриттям засувки на напірному трубопроводі.

Таблиця 2.3. Технічна характеристика насоса СМ 250-200-400/4

МАРКА НАСОСА	СМ 250-200-400/4
ПОДАЧА Q	
Q , м ³ /год	750
Q , л/с	208,5
ПОВНИЙ НАПІР Н , м	53,0
ЧИСЛО ОБОРОТІВ , про/хв	1450
ПОТУЖНІСТЬ N , кВт	
НА ВАЛУ НАСОСА	138,28
ЕЛЕКТРОДВИГУНА	159,02
ККД насосів, %	71
Припустима Н _{вс} ,	7,5
Діаметр робочого колеса Д , мм	250

Характеристика агрегата:

- комплектуючий електродвигун найменування - 4А 3554У3 ,
- потужність - 250 кВа;
- напір Н = 55 - 50 - 40 м;
- подача Q = 640 - 800 - 1000 м³/год;
- габаритні розміри - 3140 * 720 * 1155 мм;
- маса агрегата (орієнтовна) 2635 кг;
- виготовник - Рибницький насосний завод.

2.2.6. СПІЛЬНА РОБОТА НАСОСІВ І ТРУБОПРОВІДІВ

Систему «насос - трубопровід» розглядають як єдину систему, а насосне устаткування і трубопроводи вибирають на підставі розрахунку спільної роботи складових елементів такої системи.

Спільна робота насосів і трубопроводів характеризується режимною точкою системи (точка матеріальної й енергетичної рівноваги), яку в практиці гідравлічних розрахунків насосних станцій знаходять графоаналітичним методом. Робота насоса визначається його головною характеристикою $H - Q$; трубопровід також має свою характеристику $H - Q_{тр}$.

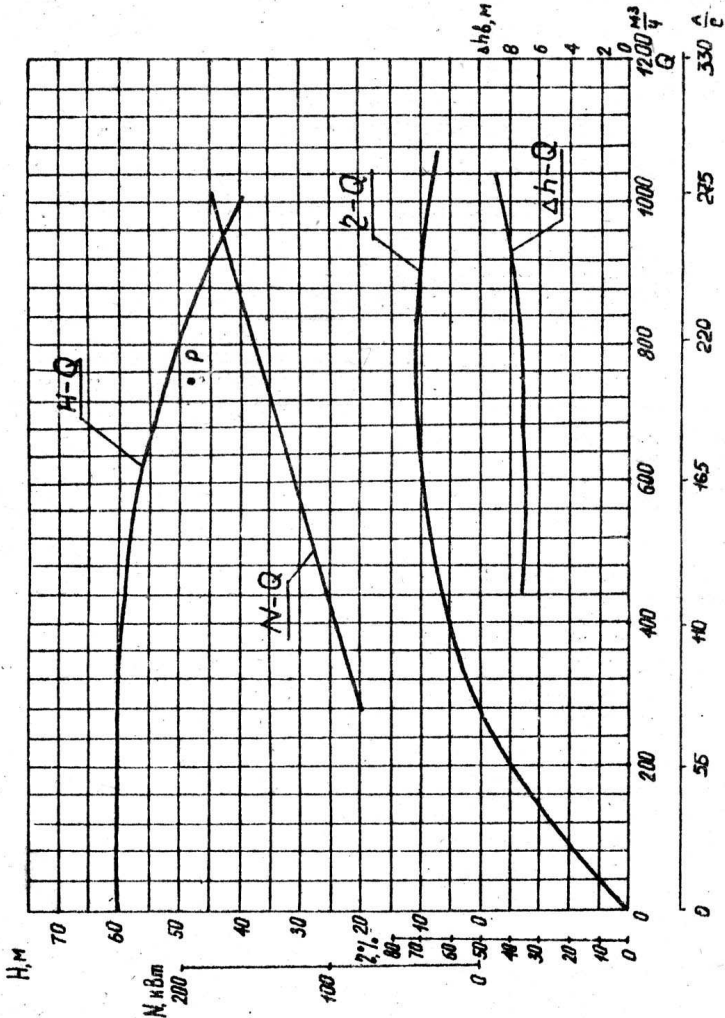


Рис. 2.8 - Характеристика насоса СМ 250-200-400/4
 $n = 1450$ про/хв; $D = 250$ мм; P - розрахункова точка

Побудова характеристики трубопроводу і визначення робочої точки системи

Характеристика трубопроводу, що являє собою функціональний зв'язок між напором і витратою води в системі $H = f(Q_{\text{тр}})$, підкоряється рівнянню

$$H_{\text{тр}} = H_r + \sum \Delta h; \quad (2.11)$$

$$H_{\text{тр}} = H_r + S Q^2; \quad (2.12)$$

де ($h = 10,0$ м - сумарні втрати напору у всмоктувальних, нагнітальних і внутрішньостанційних комунікацій; S - опір трубопроводу, $S = f$ (матеріалу труб; d).

Для даного трубопроводу $d = \text{const}$, S - величина постійна, що не залежить від зміни витрати води в системі. Опір трубопроводу в системі

$$S = \frac{\sum \Delta h}{Q_p^2}, \quad (2.13)$$

$$S = \frac{10,0}{20,85^2} = 235.$$

Приймаючи довільне значення витрат води, Q м³/з, обчислюють відповідні їм значення втрат напору трубопроводі:

$$\sum \Delta h = S Q^2, \quad (2.14)$$

$\sum \Delta h = 235 Q^2$, а потім за рівнянням (2.12) знаходять $H_{\text{тр}}$. Результати обчислень зведені в табл. 2.4. За даними табл. 2.4 на полі графіка $H - Q$ (рис.2.9) побудована характеристика трубопроводу $H = f(Q_{\text{тр}})$, точка перетину якої з головною характеристикою насоса $H = f(Q)$ являє собою режимну точку системи «насос - трубопровід»: $Q = 208,5$ л/с, $H = 48,00$ м.

Таблиця 2.4 - Значення втрат напору в трубопроводах

Q ,м ³ /з	ΣΔh, м	H _{тр} = 38 + ΣΔh, м
0,033	0,256	38,256
0,055	0,711	38,711
0,077	1,393	39,393
0,110	2,844	40,844
0,143	4,806	42,806
0,167	6,554	44,554
0,199	9,306	47,306
0,222	11,582	49,582
0,244	13,991	51,991
0,278	18,162	56,162

Рівнобіжна робота насосів і трубопроводів

У проєкті передбачена рівнобіжна робота двох однакових насосів СМ 250-200-400/4 на два однакових напірних трубопроводи $d = 450$ мм.

Розрахунок режиму роботи з прийнятої схеми виконують графічним способом. На рис. 2.9 показані сумарні характеристики двох насосів $H - Q_{1+2}$ і двох трубопроводів $H - Q_{\text{тп}1+2}$, що працюють паралельно. При побудові сумарної характеристики двох насосів $H - Q_{1+2}$ складають подачі при рівних напорах. При побудові сумарної характеристики двох трубопроводів $H - Q_{\text{тп}1+2}$ складають витрати при рівних напорах.

Режимна точка системи «два насоси - два трубопроводи» характеризується розрахунковими параметрами: $Q = 1500$ м³/год (417,0 л/с); $H = 48,00$ м. Графік $H - Q$ (див. рис.2.9) дозволяє аналізувати роботу каналізаційної насосної станції і роботу всієї системи «два насоси - два трубопроводи» у цілому при можливих змінах в умовах експлуатації, а також у випадку виходу з ладу одного з елементів системи.

2.2.7 Визначення потужності насосів, підбір електродвигунів

Вихідними даними для визначення необхідної потужності насоса й електродвигуна є подача Q , м³/з, і напір H , м. Потужність на валу насоса, кВт,

$$N = \frac{\rho \cdot q \cdot Q_p \cdot H_p}{1000\eta}, \quad (2.15)$$

де ρ - густина переміщуваної рідини, кг/м³; q - прискорення вільного падіння, м/с²; Q_p - розрахункова подача насоса, м³/з; H_p - розрахунковий напір, створюваний насосом, м; η - ККД насоса на розрахунковому режимі.

$$\text{Потужність насоса} \quad N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,2085 \cdot 48,00}{100 \cdot 0,71} = 138,28 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна насоса $N_{\text{дв}}$, кВт, прийняту більше потужність насоса на випадок перевантажень від неврахованих умов роботи,

$$\text{визначають за формулою} \quad N_{\text{дв}} = \frac{kN}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (2.16)$$

де $\eta_{\text{пер}}$ - ККД передачі; при з'єднанні двигуна і насоса за допомогою еластичної муфти $\eta_{\text{пер}} = 1,0$;

K - коефіцієнт запасу потужності на перевантаження електродвигуна, прийнятий залежно від потужності насоса (при потужності насоса $N = 50 - 300$ кВт приймається рівним $K = 1,15$).

Потужність двигуна насоса $N_{\text{дв}} = \frac{1,15 \cdot 138,28}{1,0} = 156,02$ кВт

Відповідно до рекомендацій [1] за каталогом [2] підбирають тип електродвигуна і його характеристики. Приймають асинхронний двигун типу А355 4У3 потужністю 250 кВт.

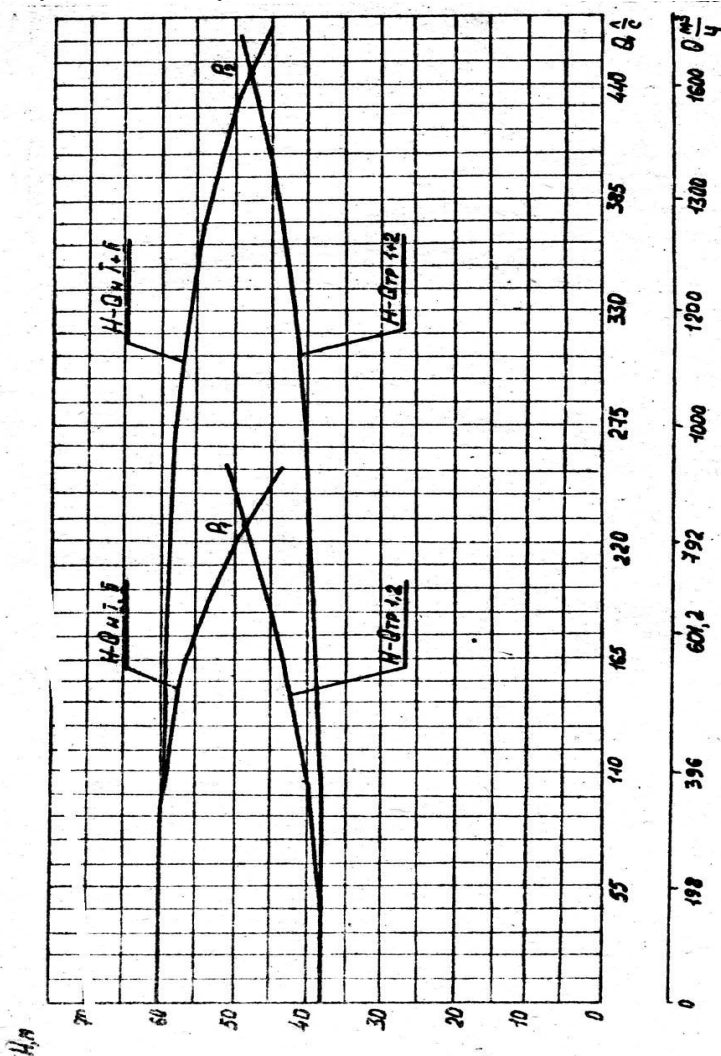


Рис. 2.9 - Характеристика рівнобіжного роботи двох насосів на два трубопроводи

2.2.8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Основні техніко-економічні показники роботи насосної станції:

η - ККД насосної станції;

$N_{уд}$ - питома витрата електроенергії (технічна і фактична);

$\eta_{исп.р.м}$ - коефіцієнт використання робочої потужності.

Визначення ККД насосної станції

ККД насосної станції називають відношення корисної енергії, переданої насосами рідини, що перекачується, до енергії, споживаної електродвигунами.

За наявності на станції однотипних насосних агрегатів, що працюють в однаковому режимі в перебігу часу t , ККД насосної станції

$$\eta_{нс} = \eta \cdot \eta_{пр} \cdot \eta_{дв} \quad (2.17)$$

де $\eta = 0,71$ - ККД насоса; $\eta_{пр}$ - ККД проміжної передачі; приймають

$\eta_{ін} = 1$; $\eta_{дв}$ - ККД електродвигуна; приймають за паспортними даними; $\eta_{дв} = 0,95$.

ККД насосної станції $\eta_{нс} = 0,71 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,67$.

Визначення теоретичної норми витрати енергії

Теоретичну норму витрати електроенергії (витрата електроенергії, кВт*ч) на подачу 1000 т рідини, що перекачується, на висоту 1 м при режимі роботи насоса й електродвигуна з максимальним ККД знаходять за формулою

$$N_{уд} = \frac{2,72}{\eta_{н} \cdot \eta_{дв}} \quad (2.18.)$$

Приймаючи розрахункові значення $\eta_{н} = 0,71$, $\eta_{дв} = 0,95$, одержують

$$N_{уд} = \frac{2,75}{0,71 \cdot 0,95} = 4,06.$$

Фактична питома норма витрати електроенергії може відрізнятись від теоретичної.

Визначення фактичної норми витрати енергії

Фактична питома витрата електроенергії (відношення фактично витраченої кількості електроенергії до корисної роботи, виконаної насосом за той же час. Фактичну питому норму витрати електроенергії визначають в натурних умовах, перед здачею насосної станції в експлуатацію.

Після визначення фактичної норми витрати електроенергії розраховують фактичний (дійсний) ККД насоса:

$$\eta = \frac{2,72}{N_{\text{уд}} \cdot \eta_{\text{об}}} \quad (2.19)$$

$$\eta = \frac{2,72}{4,06 \cdot 0,95} = 0,71.$$

Як показують дослідження, ККД електродвигуна практично не змінюється з часом експлуатації, його значення приймають за паспортом. При значному зниженні дійсного ККД насоса в порівнянні з розрахунковим (теоретичним) необхідно зробити ревізію насосного агрегата й встановити причину зменшення його ККД.

Порівняння фактичної питомої витрати електроенергії з теоретичною дозволяє судити про економічний ефект роботи насосного агрегата.

Визначення коефіцієнта використання робочої потужності

Коефіцієнт використання робочої потужності являє собою відношення фактично витраченої енергії до тієї енергії, яку могли б витратити насосні агрегати при роботі протягом 24 години в оптимальному режимі (при подачі напорі, що відповідають максимальному ККД):

$$\eta_{\text{исп.р.м.}} = \frac{Q \cdot H \cdot \eta_{\text{исп.р.м.}} \cdot t}{Q_{\text{р}} \cdot H_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{нс}} \cdot 24} \quad (2.20)$$

де t - дійсний час роботи насосної станції, год.

Підбір ґрат і дробарок

Для запобігання засміченню всмоктувальних труб і можливої поломки насосів стічна вода, що надходить у прийомний резервуар, проходить попереднє механічне очищення від великих домішок. З цією метою на розподільних каналах встановлюють спеціальні сміттеутримуючі ґрати.

Відповідно до обраної марки насоса за вказівками СНіП [3] призначається ширина щілин ґрат не більше 125 мм .

Таблиця 2.5 - Ширина щілин ґрат

Щілини , мм	Кількість сміття, що знімається з ґрат на 1 чол., л/рік
16 – 20	8
25 – 35	3
40 – 50	2,3
60 – 80	1,6
90 – 125	1,2

Примітки: 1. Середня щільність сміття - 750 кг/м^3 .

2. Коефіцієнт годинної нерівномірності надходження - 2.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики механічних ґрат

Марка решітки	Розміри каналу перед ґратами, мм		Площа проходів решітки	Пропускна здатність по воді, Тис.м ³ /доб	Розміри ґрат, мм		Маса, кг
	на В	Висота Н			на В ₁	радіус R ₁	
РММВ-1000	1000	1000	0,3	26	1425	2050	1690
МГ9Т-1000	1000	1200	0,38	33	1338	2100	1320
МГ 7Т	800	1400 1600 2000 2000	0,39	35	1520	2425	1000
МГ 11Т	1000	2000 2000 3000	0,57	50	1580	2850	1500
МГ 10Т	1000		0,74	65	1955	2850	1800
МГ 8Т	1400		1,25	110	2175	2850	1657
МГ 12Т	1600		1,5	130	2675	2850	1870
МГ 6Т	2000		1,9	165	2675	3810	1961
МГ 5Т	2000		2,1	185			2690

Примітки:

1. За площу проходу для похилих ґрат приймають проекцію площини фактичного вільного проходу робочої частини ґрат на вертикальну площину.
2. Пропускна здатність по воді відповідає протіканню рідкого середовища в щілинах не засмічених ґрат при швидкості, рівній 1 м/с і при максимальному наповненні каналу (0,5 м від рівня переkritтя).

При виборі типу і кількості ґрат визначається сумарна площа живого перетину робочої частини ґрат ΣF_p , м²:

$$\Sigma F_p = \frac{Q_{max}}{V}, \quad (2.21)$$

де Q_{max} - максимальний приплив стічної рідини, м³/з; V - швидкість руху рідини в прозорих ґратах, м/с (приймають $V = 0,9$ м/с).

Тоді
$$\Sigma F_p = \frac{0,417}{0,9} = 0,46 \text{ м}^2.$$

Приймаючи число робочих ґрат $n = 2$, визначають площу живого перерізу прозорів робочої частини F_p , м², одних ґрат

$$F_p = \frac{\Sigma F_p}{n}, \quad (2.22)$$
$$F_p = \frac{0,46}{2} = 0,23 \text{ м}^2$$

За таблицею 2.6 вибирається тип ґрат - РММВ - 1000. Технічні характеристики ґрат РММВ - 1000:

- розміри каналу перед ґратами, мм:
- ширина $B = 1000$,
- висота $H = 1000$;
- площа проходів ґрат $p = 0,3 \text{ м}^2$;
- пропускна здатність по воді - $26000 \text{ м}^3/\text{доб}$;
- маса - 1690 кг .

ґрабельний механізм МГ 1000/1600 - 11А, шириною 1000 мм скидає затримане сміття з ґрат на стрічковий транспортер, установлений за ґратами. За допомогою транспортера сміття подається у спеціальні дробарки, звідки після подрібнення скидається в канал перед ґратами.

Для подрібнення сміття використовують дробарки молоткового типу конструкції Мосводоканал НДІ проекту - Д-3 продуктивністю $300 / 600 \text{ кг/ч}$.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Схема і принцип дії відцентрових насосів.
2. Перелічіть типи робочих коліс відцентрових насосів, назвіть їх особливості.
3. З яких частин складається ротор насоса?
4. Як класифікуються насоси за способом рознімання корпусу?
5. Що називається геометричною висотою і висотою нагнітання?
6. Що таке вакуумметрична висота?
7. Що таке припустимий кавітаційний запас?
8. Напишіть формулу для визначення припустимої висоти всмоктування?
9. Що таке «повний напір насоса»?
10. Дайте визначення потужності насоса.
11. Дайте визначення коефіцієнта корисної дії насоса.
12. Що розуміється під коефіцієнтом швидкохідності, для чого використовується це поняття?
13. Що таке поле Q-H лопатевого насоса?
14. Назвіть типи консольних насосів.
15. Яке робоче колесо в насосів типу «Д»?
16. Яка область застосування осьових насосів?
17. Перелічіть основні особливості насосів для стічних рідин.
18. Чим відрізняються грязьові й піскові насоси, де вони застосовуються?
19. Опишіть схеми заливки насосів рідиною перед пуском.
20. Перелічіть послідовність операцій при пуску відцентрового насоса.
21. Перелічіть основні правила зупинки відцентрового насоса.
22. Назвіть основні види подання графічних характеристик лопатевих насосів.
23. Що таке універсальна характеристика насосів?
24. Дайте визначення рівнобіжної роботи насосів.
25. Які умови необхідні для рівнобіжної роботи насосів з різними характеристиками?
26. Що називають дросельною, приведеною характеристикою насоса, як її побудувати?
27. В яких випадках застосовують послідовну схему включення насосів?
28. Перелічіть способи регулювання подачі лопатевих насосів.
29. Пояснити, чому спосіб регулювання подачі засувкою на напірному трубопроводі неекономічний?
30. Перелічіть типи насосних станцій за їх призначенням.
31. Перелічіть типи каналізаційних насосних станцій.
32. Перелічіть види устаткування насосних станцій.

33. Які типи вантажопідйомних механізмів застосовують на насосних станціях?
34. Чим відрізняються бруківки кран від кран-балки?
35. Перелічіть типи допоміжного устаткування насосних станцій, опишіть їхнє призначення.
36. Перелічіть способи кріплення насосних агрегатів до фундаментів.
37. Як розрахувати насосну станцію першого підйому?
38. Перелічіть, з яких складових складається напір, що розвивається насосними станціями першого підйому.
39. Що потрібно знати, щоб побудувати характеристику водоводу?
40. Як визначити напір насосної станції другого підйому при розташуванні водонапірної башти (бака) на початку мережі?
41. Перелічіть особливості влаштування всмоктувальних трубопроводів насосних станцій.
42. Намалюйте схему напівзаглибленої насосної станції другого підйому.
43. Як розрахувати місткість прийомного резервуара каналізаційної насосної станції?
44. У чому переваги і недоліки насосних станцій з окремо розташованим прийомним резервуаром?
45. Для чого служать дробарки, решітки-дробарки?
46. Принцип розташування насосів у машинному залі?
47. Для чого застосовують вакуум-насоси?
48. Особливості насосних станцій для перекачування мулу й опадів.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

з дисципліни

«НАСОСНІ І ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ»

*(для студентів 4 курсів денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060103 - «Гідротехніка (Водні ресурси)»
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.06010108, 8.06010108 - "Водопостачання та водовідведення")*

Укладачі: **Яковенко** Микола Михайлович,
Шевченко Тамара Олександрівна

В авторській редакції

Відповідальний за випуск *проф. С. С. Душкин*
Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2011, поз. 133-М

Підп. до друку 07.11.2011	Формат 60×84/16
Друк на ризографі	Ум. друк. арк. 7,0
Тираж 50 пр.	Зам. №.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011