

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

ВОДОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки до практичних робіт для студентів денної
та заочної форми навчання

за напрямом:

6.100101 – «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Затверджено на засіданні кафедри ремонту та експлуатації машин

Протокол № 15 від 28. 05.17.

Кропивницький, 2017

Водопостачання. Методичні вказівки до практичних робіт. Для студентів денної та заочної форми навчання за напрямом: 6.100101 – «Екологія та охорона навколишнього середовища»: / Укл. Ковальчук Н.В., Руденко Т.В. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017.- с.44

Укладачі: *Ковальчук Н.В., Руденко Т.В.*

Рецензент: *Кулешков Ю.В.*

©Т.В.Руденко, Н.В. Ковальчук

© ЦНТУ. м. Кропивницький, пр. Університетський, 8. 2017 р.

1.ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Водопостачання – це забезпечення споживачів у воді належної якості та в необхідної кількості. Водопостачання відбувається за рахунок системи водопостачання, яка складається з багатьох споруд і виконує наступні заходи: добування води; поліпшення її якості; підняття води наносним устаткуванням; транспортування її до місць споживання; розподіл її між споживачами з наданням умов для більш зручного й доцільного забору води.

Метою водопостачання є: -забезпечення зростаючих потреб населення у доброякісній воді; -сприяння зменшенню кількості інфекційних захворювань; -забезпечення випуску, поліпшення якості, зниження собівартості промислової продукції, сприяння збільшенню її кількості; -забезпечення водою тваринницьких ферм; -забезпечення потреби у воді під час гасіння пожеж; -забезпечення поливання присадибних ділянок, вулиць, теплиць, газонів, парків тощо. -забезпечення водою будинків відпочинку, санаторно-курортних комплексів, майстерень, машинно-тракторних станцій, локомотивних та вагонних депо тощо.

Предметом вивчення дисципліни є теорія, методи, розрахунок та влаштування мереж, систем і споруд водопостачання для населених міст та промислових підприємств.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

Знати:

- нормативні документи з організації систем водопостачання та поліпшення якості води;
- режим водоспоживання населених пунктів;
- теоретичні основи, методи розрахунку, проектування та влаштування мереж водопостачання;
- влаштування регулюючих та запасних ємностей;
- обладнання внутрішньої водопровідної мережі;

Вміти:

- аналізувати й приймати рішення щодо вибору технологічних рішень мереж, систем та споруд водопостачання та її розрахунку в залежності від конкретних умов;
- проводити розробку технічної документації із створення систем водопостачання;

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

НОРМИ ВОДОСПОЖИВАННЯ, РОЗРАХУНКОВІ ВИТРАТИ ВОДИ

Мета роботи

Навчитися визначати витрати води: на господарськопитні потреби населення міста, комунальні потреби міста, потреби промислових підприємств, на пожежогасіння та розраховувати необхідний напір в мережах.

Теоретичні відомості

При проектуванні систем водопостачання необхідно знати кількість води, яка має бути подана водопроводом, види і кількість водоспоживачів з урахуванням перспективного плану розвитку об'єкта, розрахункові норми споживання води кожним видом споживача та режим споживання води протягом доби.

Нормою водоспоживання називають кількість води, що витрачається на певні потреби за одиницю часу або на одиницю продукції, що виробляється. В населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання призначають на підставі вивчення фактичного об'єму та режиму водоспоживання в аналогічних умовах або, якщо це неможливо, то за СНІП 2.04.02-84.

Середньодобові норми господарсько-питного водоспоживання в населених пунктах на одного жителя (за рік) залежать від ступеню благоустрою районів житлової забудови.

Споживання води населенням, підприємствами і різними іншими споживачами відбувається нерівномірно як протягом року, так і протягом більш коротких відрізків часу - діб і годин.

Нерівномірність споживання води характеризується величиною так званого *коефіцієнта нерівномірності*. Нерівномірність споживання води протягом року враховується величиною коефіцієнта добової нерівномірності ($K_{доб}$),

$$K_{доб} = \frac{Q_{\max. доб.}}{Q_{сер. доб.}}, \quad (1.1)$$

$Q_{\max. доб.}$ - максимальна добова витрата за рік;

$Q_{сер. доб.}$ - середня добова витрата за рік.

Нерівномірність споживання води протягом доби враховується величиною коефіцієнта годинної нерівномірності ($K_{год.}$):

$$K_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{max.год}}}{Q_{\text{сер.год}}}, \quad (1.2)$$

$Q_{\text{max.год.}}$ - максимальна годинна витрата, що спостерігається протягом доби;

$Q_{\text{сер.год.}}$ - середня годинна витрата за добу.

Норми водоспоживання і коефіцієнти нерівномірності витрати води для різних категорій споживання наведені в[1] та табл..1.1.

Водопровідна мережа й усі споруди системи водопостачання повинні бути розраховані на кількість води, що подається місту й промисловим підприємствам протягом доби за умови можливого найбільшого споживання та з достатнім тиском.

Розрізняють такі характерні витрати води, які відповідають основним категоріям споживачів: на господарсько-питні потреби населення міста; на комунальні потреби міста; для промислових підприємств; на пожежегасіння.

1.1. Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста

При встановленні витрати води на господарсько-питні потреби населення необхідно визначити кількість населення міста, чол.:

$$N = F \cdot P, \quad (1.3)$$

де F – площа частини міста з тією чи іншою щільністю населення, га;

P – щільність населення, чол./га.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення міста, м³/добу :

$$Q_{\text{сер.доб}} = \frac{N \cdot q_{\text{меш}}}{1000}, \quad (1.4)$$

де $q_{\text{меш}}$ - норма водоспоживання л/добу;

N – кількість населення у місті, чол.

Розрахункова витрата води на добу найбільшого та найменшого водоспоживання із формули 1.1 Режим господарсько-питного водоспоживання протягом доби, місяця, року в населеному пункті не буває рівномірним і залежить від багатьох факторів (режиму життя і трудової діяльності людини, пори року, місцевих умов тощо). В розрахунках коливання водоспоживання в літній та зимовий час оцінюють коефіцієнтом добової нерівномірності: найбільшим - $K_{\text{доб.мах}}$ та найменшим - $K_{\text{доб.мін}}$.

Протягом доби погодинні витрати мають значне коливання, яке враховується коефіцієнтом погодинної нерівномірності:

найбільшим $K_{\text{зод, max}} = \alpha_{\text{max}} \cdot \beta_{\text{max}}$
 найменшим $K_{\text{зод, min}} = \alpha_{\text{min}} \cdot \beta_{\text{min}}$

де $\alpha_{\text{max}} = 1,2 - 1,4$; $\alpha_{\text{min}} = 0,4 - 0,6$; – коефіцієнти, які враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови (1), β – коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті (табл. 1.2).

Таблиця 1.1

Норми господарсько-питного водоспоживання

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Середньодобова норма на одного жителя (за рік.), л/доб.
Будинки, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією: - без ванн	125-160
- з ваннами і місцевими водонагрівачами	160-230
- з централізованим гарячим водопостачанням	230-350

В населених пунктах, де водокористування здійснюється за допомогою водорозбірних колонок, питомі витрати дорівнюють 30 — 50 л/добу. Потреби місцевої промисловості та непередбачені витрати враховуються збільшенням питомих витрат води на 5 — 10 %.

Таблиця. 1.2

Значення коефіцієнта β

Коефіцієнт	Чисельність мешканців, тис.чол.										
	До 0,1	0,2	0,5	1,0	4	10	20	50	100	300	1000 більш
β_{max}	4,5	3,5	2,5	2	1,5	1,3	1,12	1,15	1,1	1,05	1
β_{min}	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

1.2. Витрати води на комунальні потреби міста

а) Витрати води на поливання вулиць і площ

Максимальна добова витрата, м³/добу:

$$Q_{\text{max,доб}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \quad (1.5)$$

де F- площа вулиць і площ, що поливаються, м²;

q - норма витрати води на поливання, що приймається залежно від типу покриття та способу поливки [1] табл. 3 , табл. 1. додаток 1.

n - число поливок, що приймається залежно від режиму поливок .

Середня годинна витрата, м³/год:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{max.доб.}}}{24}, \quad (1.6)$$

Максимальна годинна витрата м³/год:

$$Q_{\text{max.год}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год}} \cdot q \cdot n}{1000}, \quad (1.7)$$

де $K_{\text{год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності витрачання води на поливання; величину його можна приймати для великих міст - 2,0, для малих і середніх міст - 4,0.

Максимальна секундна витрата води, л/с:

$$Q_{\text{max.сек}} = \frac{Q_{\text{max.год.}}}{3,6}, \quad (1.8)$$

б) Витрата води на поливання зелених насаджень

Максимальна добова витрата, м³/добу:

$$Q_{\text{max.доб}} = \frac{F_z \cdot q_z \cdot n}{1000}, \quad (1.9)$$

де F_z - площа зелених насаджень, м²;

q_z - норма витрати води на поливання, що приймається по

[1] табл. 3 або табл. 1, додаток 1;

n - число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну та максимальну секундну витрати визначають за формулами (1.6, 1.7, 1.8), що наведені вище.

1.3. Визначення витрати води для промислових підприємств

Ця витрата складається з витрати води на господарсько-питні потреби, витрати води на душ й витрати води на виробничі потреби.

а) Витрати води на господарсько-питні потреби промислового підприємства

Максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби промислових підприємств визначають з виразу, м³/добу:

$$Q_{\text{max.доб}} = (q_e \cdot n_e' + q_x \cdot n_x') + (q_e \cdot n_e'' + q_x \cdot n_x'') + (q_e \cdot n_e''' + q_x \cdot n_x'''), \quad (1.10)$$

де q_e та q_x – відповідно норми водоспоживання на одного робочого (л за зміну) в цехах із значним тепловиділенням (в гарячих цехах) $q_e = 45$ л, $q_x = 25$ л.

n_e' , n_e'' , n_e''' – кількість робочих у першій, другій і третій змінах, які працюють

на підприємстві в гарячих цехах;
 n_x', n_x'', n_x''' – кількість робочих у першій, другій і третій зміні, які працюють

на підприємстві у холодних цехах;

Кількість робітників у кожній зміні та розподіл їх по гарячих і холодних цехах приймають за даними підприємства або на підставі існуючих проектів, цих підприємств. При відсутності тих або інших даних, але відомій кількості робітників можна прийняти наступний розподіл працюючих по змінах:

I зміна - 40-45% всієї кількості працюючих;

II і III зміна - 30-35% всієї кількості працюючих. Розподіл кількості працюючих в гарячих та холодних цехах приймають залежно від характеру технологічного процесу підприємства.

Витрата води за окремими змінами :

$$\text{I-а зміна } Q_{зм}' = (0,045 \cdot n_{\epsilon}' + 0,025 \cdot n_x') \quad (1.11)$$

$$\text{II-а зміна } Q_{зм}'' = (0,045 \cdot n_{\epsilon}'' + 0,025 \cdot n_x'') \quad (1.12)$$

$$\text{III-я зміна } Q_{зм}''' = (0,045 \cdot n_{\epsilon}''' + 0,025 \cdot n_x''') \quad (1.13)$$

Норми витрати і коефіцієнти нерівномірності споживання води на господарсько-питні потреби промпідприємств відносяться до роботи однієї зміни, тому що максимальну годинну витрату води слід обчислювати для усіх змін.

Величини максимальних годинних витрат для окремих змін:

$$\text{I-а зміна } Q_{зм}' = (0,045 \cdot n_{\epsilon}' \cdot K_{\epsilon} + 0,025 \cdot n_x' \cdot K_x) / t_{зм} \quad (1.14)$$

$$\text{II-а зміна } Q_{зм}'' = (0,045 \cdot n_{\epsilon}'' \cdot K_{\epsilon} + 0,025 \cdot n_x'' \cdot K_x) / t_{зм} \quad (1.15)$$

$$\text{III-я зміна } Q_{зм}''' = (0,045 \cdot n_{\epsilon}''' \cdot K_{\epsilon} + 0,025 \cdot n_x''' \cdot K_x) / t_{зм} \quad (1.16)$$

де K_{ϵ} і K_x - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно у гарячих та холодних цехах згідно з [1] п. 2.4, $K_{\epsilon} = 2,5$, $K_x = 3$;

$t_{зм}$ - тривалість робочої зміни у годинах.

Максимальна секундна витрата води ,л/сек.:

$$Q_{\max.сек} = \frac{Q_{\max.год.}}{3,6}, \quad (1.17)$$

б) Витрата води на душ на підприємстві

Витрата води на душ залежить від кількості робітників і службовців, які приймають душ у кожній зміні, й характеру виробництва [2].

Максимальна добова витрата води на душ, м³/добу:

$$Q'_{\max.\text{доб}} = [q'_e \cdot (n'_e + n''_e + n'''_e) + q'_x \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \quad (1.18)$$

n'_e, n''_e, n'''_e - кількість робітників, працюючих з підвищеною мірою шкідливості або забрудненості відповідно у гарячих цехах у першій, другій та третій змінах;

n'_x, n''_x, n'''_x - кількість робітників, які приймають душ в останніх цехах відповідно у першій, другій і третій змінах;

q'_e та q'_x - норми витрати води на один душ відповідно у цехах з підвищеною мірою шкідливості або забрудненості і в інших цехах.

Відповідно до норм [2] $q'_e=45$ л та $q'_x=25$ л.

Витрата води на души для окремих змін:

$$\text{I-а зміна} \quad Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_e + 0,25 \cdot n'_x) \quad (1.19)$$

$$\text{II-а зміна} \quad Q''_{зм} = (0,45 \cdot n''_e + 0,25 \cdot n''_x) \quad (1.20)$$

$$\text{III-я зміна} \quad Q'''_{зм} = (0,45 \cdot n'''_e + 0,25 \cdot n'''_x) \quad (1.21)$$

Витрату води на приймання душу (із розрахунку $q_{\text{д.с.}}=500$ л на добу, тривалість користування душем $t_{\text{д}}=45$ хв.) після закінчення зміни:

$$Q'_{\text{душ.зм}} = \frac{N_i \cdot q_{\text{д.с.}} \cdot t_{\text{д}}}{n_i}, \quad (1.22)$$

де N_i - кількість працюючих, які користуються душем у зміну, з і-ю санітарною характеристикою технологічного процесу;

n_i - розрахункова кількість людини на одну душову сітку у цехах з і-Об сані-тарною характеристикою технологічного процесу, приймають за табл. 2 (додаток 1).

Максимальна годинна витрата води, м³/год. :

$$Q'_{\max.\text{год.}} = \frac{Q'_{зм.}}{0,75} \quad (1.23)$$

де $Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_e + 0,25 \cdot n'_x)$, м³ - витрата води на душ у I зміну;

0,45 та 0,25 - відповідно норми витрати на один душ у гарячих та холодних цехах, м³.

Максимальна секундна витрата води на душ ,л/сек.:

$$Q'_{\max.сек} = \frac{Q'_{\max.год.}}{3,6}, \quad (1.24)$$

в) Витрата води на виробничі потреби промпідприємства

Витрату води на виробничі потреби промпідприємств визначають за кількістю випускної продукції та питомій витраті на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби, м³/добу:

$$Q''_{\max.доб.} = \Pi \cdot q_{нит}, \quad (1.25)$$

де Π - добова продукція підприємства;

$q_{нит}$ - середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м³.

При відсутності даних про витрати води на виробничі потреби за окремими змінами споживання води приймають рівним протягом всього часу роботи підприємства.

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює:

$$Q''_{\max.год.} = \frac{Q''_{\max.доб.}}{t}, \quad (1.26)$$

де t - тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби, л/с:

$$Q''_{\max.сек} = \frac{Q''_{\max.год.}}{3,6}, \quad (1.27)$$

1.4. Витрата води на пожежогасіння

Розрахункова витрата на зовнішнє пожежогасіння залежить від розмірів населеного пункту, поверховості будівлі та ступеня їх вогнестійкості, розмірів виробничих будівель, категорії виробництв та інших факторів. Нормами протипожежного проектування встановлюються величини необхідних секундних витрат для гасіння пожежі у населених пунктах і на промислових підприємствах, а також кількість одночасних пожеж. Таким чином, максимальна секундна витрата води на гасіння пожежі визначається як добуток розрахункової секундної витрати, необхідної для гасіння однієї пожежі, на число пожеж

$$Q^c_{пож.} = (q_{пож.} + q'_{плж} \cdot n), \quad (1.28)$$

де $q_{пож.}$ - розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі; приймають для населених пунктів за табл. 5 [1], а для промислових підприємств - за табл. 7[1], л/с;

$q'_{пож.}$ - розрахункова витрата води на один струмінь для внутрішнього поже-жогасіння, приймається за табл. 1 [2], л/с;

n - кількість струменів, приймається по табл. 1 [2].

Тривалість пожежі у населених пунктах і на підприємствах нормами встановлена $t_n = 3$ год. Виходячи з цього, повна витрата води на гасіння пожежі може бути визначена за формулою:

$$Q'_{\text{пож.}} = m \cdot (q_{\text{пож.}} + q'_{\text{плж}} \cdot n) \quad (1.29)$$

де m - розрахункова кількість одночасних пожеж; приймається для населеного пункту за табл. 6 [1], а для промислового підприємства - залежно від займаної ним площі: одна пожежа при площі до 150га, дві пожежі – понад 150га.

$$Q^n_{\text{пож.}} = 10,8 \cdot Q_{\text{пож.}} \quad (1.30)$$

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 години

$$Q_{\text{пож.}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}} \quad (1.31)$$

де $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ - витрата води на пожежогасіння для населеного пункту

$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$ - витрата води, яка необхідна для гасіння пожежі на підприємстві

Витрата води на пожежогасіння за 1 годину

$$Q_{\text{год.пож.}} = \frac{Q_{\text{пож.}}}{3} \quad (1.32)$$

Контрольні питання:

- 1.Що показує коефіцієнт добової нерівномірності, як його визначають, від чого він залежить?
- 2.Як визначити витрату води на поливання в населеному пункті?
- 3.Як визначити витрату (за годинами за добу) максимального водоспоживання для всього об'єкта водопостачання?
- 4.Як визначити витрату води на пожежогасіння?
- 5.Як визначити витрату води на господарсько-питні і душові нестатки на про-мисловому підприємстві?
- 6.Навести формули за якими обчислюють розрахункові витрати води (добові, годинні, секундні)?
- 7.Навести класифікацію систем водопостачання.
- 8.Намалювати схему водопостачання міст.

Задача 1. Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті і на промисловому підприємстві, які мають загальний протипожежний водопровід, за наступними вихідними даними:

- 1.Чисельність населення міста - 160000 чоловік;
- 2.Поверховість будинків - 5;

3. Площа території промислового підприємства – 60 га;
4. Вміст найбільшого будинку (цеху) підприємства - 60 тыс.м3;

5. Категорія виробництва за пожежною небезпекою - Б;
6. Ступінь вогнестійкості будинків - II.

Задача 2. Визначити максимальну секундну витрату води для виробничих цілей для тракторного заводу, добова продукція якого складає 100 тракторів, робота у 3 зміни, питома витрата води для виробництва одного трактора 45м3.

Задача 3. Користуючись вихідними даними попереднього прикладу, визначити витрату води на потреби душових, маючи на увазі, що виробничий процес в гарячих цехах викликає забруднення одягу і рук, а в холодних цехах не викликає такого забруднення. В гарячих цехах душем користуються 70% робочих, а в холодних - 20%.

Задача 4. Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робочих на промисловому підприємстві. Кількість робочих на підприємстві становить 6680 чоловік. У гарячих цехах працюють 880 чоловік, з них:

у I зміні - 350; II - 280, III - 250. У холодних цехах працюють 5800 чоловік, із них: у I зміні - 2150; II - 1960, III - 1750.

Задача 5. Визначити добову витрату води на поливку покриття та зелених насаджень міста при площі покриття $F_n = 800000$ м2 і площі зелених насаджень $F_z = 904358$ м2. Число поливок на добу n приймаємо рівним двом.

Задача 6. Площа житлової забудови міста складає 500 га. Розрахункова щільність населення – 180 чол./га. Витрата води на господарсько-питне водоспоживання - 250 л/чол. на добу середнього водоспоживання. Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання $K_{доб} = 1,2$. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби мешканців міста.

Задача 7. Площа житлової забудови міста складає 500 га. Розрахункова щільність населення – 180 чол./га. Витрата води на господарсько-питне водоспоживання - 250 л/чол. на добу середнього водоспоживання. Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання $K_{доб} = 1,2$. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби мешканців міста.

Задача 8. Визначити добові та годинні витрати господарсько-побутові потреби міста з населенням 120 тис. чол., якщо кількість жителів у районах облаштованим внутрішнім водопроводом без ванн складає 37 тис. чол., з ваннами та гарячим водопостачанням 34 тис. чол.

Додаток 1.
Таблиця 1

Витрата води на полив

Призначення води	Вимірювач	Витрати води на полив, л/м ²
Механізована мийка удосконаленого покриття проїздів та площ	1 мийка	1,2-1,5
Механізований полив удосконаленого покриття проїздів та площ	1 полив	0,3-0,4
Полив вручну (із шлангів) удосконаленого покриття тротуарів і проїздів	теж	0,4-0,5
Поливання міських зелених насаджень	теж	3-4
Поливання газонів та квітників	теж	4-6

Таблиця 2

Розрахункова кількість людей на одну душову сітку

Група виробничих процесів	Санітарна характеристика виробничих процесів	Кількість людей на одну душову сітку
I	а) Які не викликають забруднення одягу та рук	15
	б) Які викликають забруднення одягу та рук	7
II	в) З виділенням великої кількості пилу або особливо забруднених речовин	3
	г) З додатковою потребою води	5

Таблиця 3.

Витрата води на зовнішнє пожежогашіння та розрахункова кількість одночасних пожеж

Кількість мешканців у населеному пункті, тис.чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє пожежогашіння у населених пунктах	
		Забудова будинками висотою до 2-х поверхів незалежно від їх ступені вогнестійкості	Забудова будинками висотою 3-и поверхи та вище незалежно від їх ступені вогнестійкості
5	1	10	10

10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	-	40
300	3	-	55
400	3	-	70
500	3	-	80
600	3	-	85
700	3	-	90
800	3	-	95
1000	3	-	100
2000	4	-	100

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЮЮЧОЇ МІСТКОСТІ РЕЗЕРВУАРА ВОДОНАПІРНОЇ БАШТИ

Мета роботи

Ознайомитись з режимами водоспоживання; засвоїти методику обрахунку регулюючої місткості резервуара водонапірної башти.

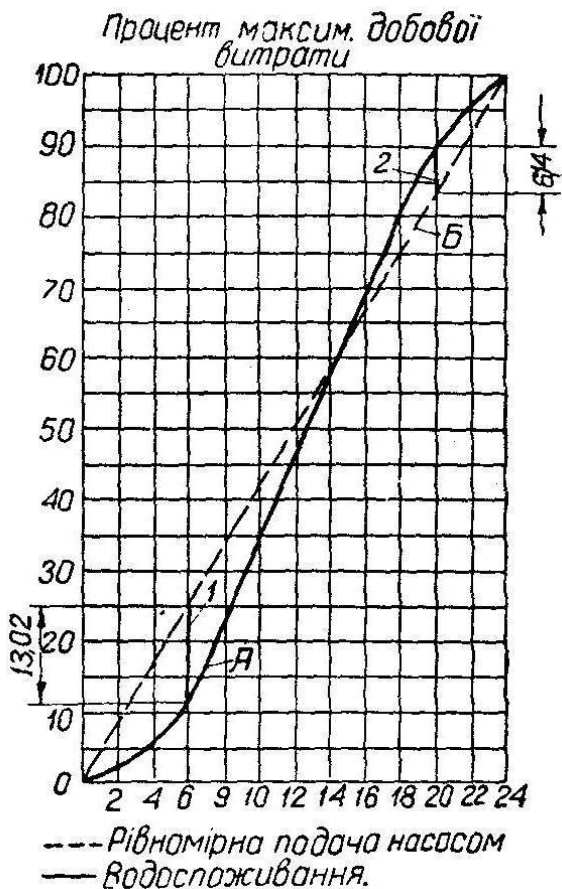
Теоретичні відомості

Регулююча місткість водонапірних башт визначається за спільними графіками водоспоживання і водоподачі.

Визначити регулюючу місткість водонапірного резервуара можна коли відомий режим витрачання води об'єктом протягом доби (рис.2.1) та знаючи рівномірну подачу води насосами другого підйому протягом доби.

$$Q_{\text{н}} = \frac{100}{24} = 4,17\%, \quad (2.1)$$

При подачі води насосною станцією другого підйому надлишок її поступає до баку водонапірної башти. У часи, коли водоспоживання перевищує подачу насосів, недостатня кількість води береться з баку башти. Отже, чим значніше різниця між подачею насосів та водоспоживанням, тим більше повинний бути регулюючий об'єм баку водонапірної башти.



А — сумарна витрата води; Б — сумарна подача води насосами; 1 — максимальна додатня ордината у відсотках; 2 — максимальна від'ємна ордината

Рисунок 2.1 Інтегральний графік водоспоживання і подачі води насосними станціями

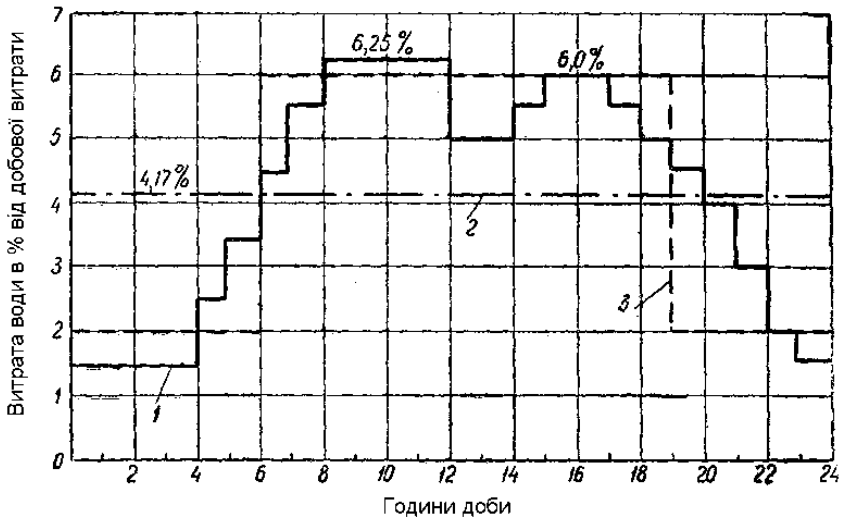
На цьому графіку по осі абсцис відкладають години доби, а по осі ординат — сумарну витрату води за кожен годину в процентах від добової витрати. Ординати кривої А графіка дають сумарну кількість води, витраченої від початку доби до зазначеної години. Рівномірну подачу води насосами можна подати прямою Б.

З графіка 2.1 та ступінчатого графіка водоспоживання 3.2 видно, що при рівномірній подачі води протягом доби від 0 до 6 та від 20 до 24 год. насос подає води більше, ніж її споживають з сітки. Цей надлишок надходить у бак водонапірної башти. Від 6 до 20 год. споживання води з сітки перевищує подачу

води насосами і кількість води, якої не вистачає, подається в сітку з водонапірного бака. Результати підрахунку зведено в таблицю 2.2.

Регулююча місткість резервуара в процентах від добового споживання виражається сумою абсолютних величин максимальної додатної і максимальної від'ємної різниці ординат кривих подачі й споживання (на рис.2.1 регулююча місткість резервуара при рівномірній подачі води насосами дорівнюватиме сумі відрізків 1 і 2, що становить 19,16% від добової витрати).

Найбільший запас води в баці, на який розраховується його регулююча місткість, згідно розрахунків за табл. 2.2, також становить 19,16% від максимальної добової витрати.



1 — водоспоживання; 2 і 3 — подача води насосними станціями відповідно I і II підйому

Рисунок 2.2 Ступінчастий графік водоспоживання при подачі води насосними станціями

Визначаючи об'єм бака, до регулюючої місткості слід додавати запас води для промислових підприємств на десятихвилинну тривалість гасіння пожежі внутрішніми пожежними пунктами, а для населених місць для однієї внутрішньої і однієї зовнішньої пожежі протягом 10 хв. (при одночасній найбільшій витраті води на інші потреби). При автоматизації включення пожежних насосів норму можна скоротити вдвоє.

При заповненні таблиці 2.2, необхідно враховувати наступне:

- колонка 1 “Години доби” складається з опису кожного часу доби, починаючи з “0–1”, закінчуючи “23–24”;
- колонка 2 повністю співпадає з колонкою 8 таблиці 2.1;
- колонки 4 та 5 заповнюються одночасно: якщо водоспоживання (колонка 2) в годину, яка розглядається, перебільшує подачу насосної станції (колонка 3),

тоді недостатня кількість води забирається з баку – тобто результат заноситься в 5-ту колонку, при цьому колонка 4 залишається вільною; якщо водоспоживання (колонка 2) в годину, яка розглядається, менше подачі насосної станції (колонка 3), тоді надлишок води поступає до баку – тобто результат заноситься в 4 колонку, а вільною залишається колонка 5;

– колонку 6 починають заповнювати виходячи з припущення, що бак до години максимального забору води був порожнім, потім до визначеного об’єму бака додається кількість води, якщо у наступному рядку є значення в колонці 4, або віднімається від попереднього об’єму, якщо значення є в колонці 5.

За результатами розрахунку з таблиці 2.2 із колонки 6 вибирається два числа:
 – найбільше позитивне - $\max^{"+"}$;
 – найбільше за модулем негативне - $\max^{"-"}$
 Тоді регулюючий об’єм резервуарів , м³:

$$W_{рег} = \frac{\kappa \cdot Q_{розр}}{100}, \tag{2.2}$$

де $\kappa = (\max^{"+"}) + (|\max^{"-"}|)$

$Q_{розр}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання, м³/добу,

$$Q_{розр} = \sum Q_{год} \cdot \kappa_{доб}, \tag{2.3}$$

де $\sum Q_{год}$ – загальне споживання води містом за добу (сума колонки 9 з таблиці 2.1)

$\kappa_{доб}$ - коефіцієнт добової нерівномірності (дає викладач)

Таблиця 2.1

Визначення загального добового споживання води містом

Години доби	Споживання населенням		Споживання лікарнями і готелями		Споживання банями і пральнями		Загальне споживання води	
	%	м ³ /год.	%	м ³ /год.	%	м ³ /год.	%	м ³ /год.
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблиця 2.2

Визначення регулюючої місткості резервуара

Години доби	Кількість води (%)				
	що споживається з сітки від середньодобової витрати	що рівномірно подається насосами при цілодобовій роботі	Находження води в бак — різниця між кількістю води, що подається насосами і споживаною з сітки	Витрата з бака	Решта в баку
1	2	3	4	5	6
0-1	1,5	4,17	2,67	-	8,81
1-2	1,5	4,17	2,67	-	11,48
2-3	1,5	4,17	2,67	-	14,15
3-4	1,5	4,17	2,67	-	16,82
4-5	2,5	4,17	1,67	-	18,49
5-6	3,5	4,17	0,67	-	19,16
6-7	4,5	4,17	-	0,33	18,83
7-8	5,5	4,17	-	1,33	17,50
8-9	6,25	4,17	-	2,08	15,42
9-10	6,25	4,17	-	2,08	13,34
10-11	6,25	4,17	-	2,08	11,26
11-12	6,25	4,17	-	2,08	9,18
12-13	5,0	4,17	-	0,83	8,35
13-14	5,0	4,17	-	0,83	7,52
14-15	5,5	4,17	-	1,33	6,19
15-16	6,0	4,17	-	1,83	4,36
16-17	6,0	4,16	-	1,84	2,52
17-18	5,5	4,16	-	1,34	1,18
18-19	5,0	4,16	-	0,84	0,34
19-20	4,5	4,16	-	0,34	0,00
20-21	4,0	4,16	0,16	-	0,16
21-22	3,0	4,16	1,16	-	1,32
22-23	2,0	4,16	2,16	-	3,48
23-24	1,5	4,16	2,66	-	6,14
	100	100	19,16	19,16	

Завдання

1.Обчислити регулюючу місткість бака в башті згідно запропонованого варіанту (табл.2.3). Обчислення записати у вигляді таблиці 2.2.

2. Побудувати ступінчатий графік подачі-водоспоживання.

Приблизне розподілення витрати води по годинах доби (у %)

Номер варіанту	1	2	3	4	5	6
Години доби	Населені пункти				Лікарні, готелі	Бані, пральні
	$K_{\text{год}}=1,25$	$K_{\text{год}}=1,35$	$K_{\text{год}}=1,7$	$K_{\text{год}}=2$		
0-1	3,35	3,0	1,00	0,75	0,2	-
1-2	3,35	3,2	1,00	0,75	0,2	-
2-3	3,30	2,5	1,00	1,00	0,2	-
3-4	3,20	2,6	1,00	1,00	0,2	-
4-5	3,25	3,5	2,00	3,00	0,5	-
5-6	3,40	4,1	3,00	5,5	0,5	-
6-7	3,85	4,5	5,00	5,5	3,0	-
7-8	4,45	4,9	6,50	5,5	5,0	-
8-9	5,20	4,9	6,50	3,5	8,0	6,25
9-10	5,05	5,6	5,50	3,5	10,0	6,25
10-11	4,85	4,9	4,50	6,0	6,0	6,25
11-12	4,60	4,7	5,50	8,5	10,0	6,25
12-13	4,60	4,4	7,00	8,5	10,0	6,25
13-14	4,55	4,1	7,00	6,0	6,0	6,25
14-15	4,75	4,1	5,50	5,0	5,0	6,25
15-16	4,70	4,4	4,50	5,0	8,5	6,25
16-17	4,65	4,3	5,00	3,5	5,5	6,25
17-18	4,35	4,1	6,50	3,5	5,0	6,25
18-19	4,40	4,5	6,50	6,0	5,0	6,25
19-20	4,30	4,5	5,00	6,0	5,0	6,25
20-21	4,30	4,5	4,50	6,0	2,0	6,25
21-22	4,20	4,8	3,00	3,0	0,7	6,25
22-23	3,75	4,6	2,00	2,0	3,0	6,25
23-24	3,60	3,3	1,00	1,0	0,5	6,25
	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Примітка: $K_{\text{год}}$ — коефіцієнт годинної нерівномірності:

$$K_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{макс.год}}}{Q_{\text{сер.год}}}$$

Контрольні питання:

1. З чим пов'язана нерівномірність споживання води?

2. Від чого залежить коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання?

3. Як визначається регулююча місткість резервуара?

4. Скільки води необхідно врахувати на пожежогасіння?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Мета роботи

1.Визначення економічно обґрунтованих діаметрів труб, які забезпечують пропуск всіх необхідних витрат води.

2.Визначення втрат напору у мережі для проектування напірних та запасних споруд.

3.Розрахунок необхідного напору.

Теоретичні відомості

Послідовність розрахунку зовнішньої водопровідної мережі

Для визначення діаметрів труб, водопровідну мережу необхідно розділити на розрахункові ділянки.

Ділянкою називається частина водопровідної мережі, протягом якої всі її характеристики (діаметр та матеріал труб, витрати води та інші) залишаються без змін. Розрахункова ділянка починається та закінчується **вузлами**, з яких вода подається до споживачів. Кількість води, що забирається від вузла окремими споживачами є **вузловою витратою**.

Для кожного вузла повинен виконуватися **Перший закон Кірхгофа**: сума витрат води у вузлі повинна дорівнювати нулю, якщо витрати води, що входять до вузла умовно прийняти за позитивні, а що виходять з вузла – за негативні: $\sum q = 0$,

Виходячи з цього, витрати води розрахункової ділянки знаходяться як сума вузлових витрат вище розташованого вузла (за напрямком руху води) та витрат ділянок що прилягають до цього вузла

$$q_{i-j} = q_j + \sum_{k=0}^{\infty} q_{j-k}, \quad (3.1)$$

де q_{i-j} - витрати води на ділянці, що розташована між вузлами i та j , л/с;
 q_j - витрати води вузла j , яким закінчується ділянка $i-j$, по відношенню до напрямку руху води, л/с;

$\sum_{k=0}^{\infty} q_{j-k}$ - сумарні витрати води ділянок, що прилягають до вузла j та знаходяться вище його за напрямком руху води, л/с.

Визначення витрат води на ділянках мережі починають з диктуючої точки та закінчують точкою живлення мережі.

Диктуюча точка – це точка мережі, яка найбільше віддалена від джерела водопостачання або знаходиться на самій високій відмітці в порівнянні з точкою живлення мережі. При розрахунку водопровідної мережі втрати напору частини мережі, що з'єднує точку живлення з диктуючою, максимальні в порівнянні з втратами напору інших напрямків руху води. По визначеним витратам води для кожної ділянки розраховують діаметр труби.

3.1. Діаметр трубопроводу, м :

$$d_{i-j} = \sqrt{\frac{4q_{i-j}}{1000\pi \cdot V}}, \quad (3.2)$$

де q_{i-j} – витрати води на розрахунковій ділянці, л/с;

V - швидкість руху води, м/с.

Діаметр труб вибирається з урахуванням оптимальної швидкості руху води, при якій тверді суміші не відкладаються на стінках труб, а також зменшення витрат на монтажні та експлуатаційні роботи. Величина швидкості руху води при звичайній роботі водопроводу приймається для малих діаметрів труб 0,7 – 1,2 м/с, а для великих - 1 – 1,5 м/с. При роботі мережі під час пожежі швидкість руху води в трубах не повинна перебільшувати 2 – 2,5 м/с. При цьому вибір діаметрів труб здійснюється лише при розрахунку мережі до пожежі, тому що для об'єднаного водопроводу одна і та ж мережа подає воду при двох режимах її роботи. При подачі пожежних витрат води, збільшуються втрати напору в мережі, якщо діаметри труб визначені без урахування цього, втрати напору будуть дуже великими, що не допустимо. Для запобігання цьому, визначені до пожежі діаметри труб перевіряють на можливість пропуску пожежних витрат води, при цьому швидкість руху води в трубах не повинна перебільшувати зазначених величин:

$$V_{i-j} = \frac{4q_{i-j}}{\pi \cdot d_{i-j}^2} \leq 2,5 \text{ м/с}, \quad (3.3)$$

Якщо при розрахунку ці умови не виконуються, необхідно збільшити діаметри труб та повторити перевірку. При розрахунку діаметрів труб можливо використання значень таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Визначення діаметрів труб по швидкості руху води

Витрати, л/с	Внутрішній діаметр d,мм							
	100	125	150	200	250	300	350	400
1	0,13							
2	0,245							
3	0,37	0,24						
4	0,49	0,315	0,122					

5	0,61	0,39	0,274					
6	0,73	0,47	0,33					
7	0,86	0,55	0,384	0,217				
8	0,98	0,63	0,44	0,248				
9	1,1	0,71	0,493	0,279				
10	1,22	0,79	0,548	0,31				
12	1,47	0,94	0,66	0,37	0,24			
14	1,71	1,1	0,77	0,434	0,278			
16	1,96	1,26	0,88	0,5	0,32	0,22		
18	2,2	1,42	0,99	0,56	0,36	0,247		

Продовження таблиці 3.1

20	2,45	1,52	1,1	0,62	0,4	0,2785	0,205	
22	2,69	1,73	1,21	0,68	0,44	0,3	0,226	
24	2,94	1,89	1,32	0,74	0,48	0,33	0,246	
26	-	2,05	1,43	0,81	0,52	0,357	0,267	0,206
28	-	2,2	1,53	0,87	0,56	0,385	0,287	0,22
30	-	2,36	1,64	0,93	0,6	0,41	0,308	0,237
32	-	2,522	1,75	0,99	0,64	0,44	0,328	0,253
34	-	2,83	1,86	1,05	0,68	0,467	0,349	0,269
36	-	2,99	1,97	1,12	0,72	0,495	0,369	0,285
38	-	-	2,08	1,18	0,76	0,52	0,39	0,3
40	-	-	2,19	1,24	0,84	0,55	0,41	0,316
42	-	-	2,3	1,3	0,86	0,58	0,43	0,33
44	-	-	2,41	1,36	0,88	0,6	0,45	0,35
46	-	-	2,52	1,43	0,92	0,63	0,47	0,36
48	-	-	2,63	1,49	0,95	0,66	0,49	0,38
50	-	-	2,74	1,55	0,99	0,69	0,51	0,395

3.2. Розрахунок втрат напору на ділянках мережі, м :

$$h_{i-j} = A \cdot L_{i-j} \cdot q_{i-j}^2 = S_{i-j} \cdot q_{i-j}^2, \quad (3.4)$$

де A – питомий опір труб;

$S_{i-j} = A \cdot L_{i-j}$ – опір трубопроводу довжиною L_{i-j} (табл.3.2);

L_{i-j} - довжина розрахункової ділянки, м.

Втрати напору у місцевих опорах зовнішньої водопровідної мережі складають до 5 % від втрат напору по довжині трубопроводу, тому загальні втрати визначають, м :

$$h_{i-j}^{3a2} = 1,05 \cdot h_{i-j}, \quad (3.5)$$

Таблиця 3.2 Значення опору S чавунних труб

Довжина трубопров оду	Внутрішній діаметр d,мм						
	100	125	150	200	250	300	350
50	0,015585	0,004836	0,0018555	0,0004046	0,0001264	0,000047425	0,000021825
100	0,03117	0,009672	0,003711	0,0008092	0,0002528	0,00009485	0,00004365
150	0,046755	0,014508	0,0055665	0,0012138	0,0003792	0,000142275	0,000065475
200	0,06234	0,019344	0,007422	0,0016184	0,0005056	0,0001897	0,0000873
250	0,077925	0,2418	0,0092775	0,002023	0,000632	0,000237125	0,000109125
300	0,09351	0,029016	0,011133	0,00242276	0,0007584	0,00028455	0,00013095
350	0,109095	0,033852	0,0129885	0,0028322	0,0008848	0,000331972	0,000152775
400	0,12468	0,038688	0,014844	0,0032368	0,0010112	0,0003794	0,0001746
450	0,140265	0,043524	0,0166995	0,0036414	0,0011376	0,000426825	0,000196425
500	0,15585	0,04836	0,018555	0,004046	0,001264	0,00047425	0,00021825
550	0,171435	0,053196	0,0204105	0,0044506	0,0013904	0,000521675	0,000240075
600	0,18702	0,058032	0,022266	0,0048552	0,0015168	0,0005691	0,0002619
650	0,202605	0,062868	0,0241215	0,0052598	0,0016432	0,000616525	0,000283725
700	0,21819	0,067704	0,025977	0,0056644	0,0017696	0,00066395	0,00030555
750	0,233775	0,07254	0,0278325	0,006069	0,001896	0,000711375	0,000327375
800	0,24936	0,077376	0,029688	0,0064736	0,0020224	0,0007588	0,0003492
850	0,264945	0,0822212	0,0315435	0,0068782	0,0021488	0,000806225	0,000371025
900	0,28053	0,087048	0,033399	0,0072828	0,0022752	0,00085365	0,00039285
950	0,296115	0,091884	0,0352545	0,0076874	0,0024016	0,000901075	0,000414675
1000	0,3117	0,09672	0,03711	0,008092	0,002528	0,0009485	0,0004365

3.3. Розрахунок необхідного напору, м:

У водопровідній мережі має бути тиск, який забезпечить підйом і виливання води у найвищій водорозбірній точці. Тобто необхідний напір (м) у мережі становить:

$$H = h_z + \sum h_w + h_g, \quad (3.6)$$

де h_z – геометрична висота підйому води від поверхні землі до найбільш високо розташованої точки, м;

$\sum h_w$ – втрати напору від точки підключення водопровідної мережі до водорозбірної арматури, м;

h_g – робочий напір на виливання з водорозбірної арматури, м, який визначається за СНІП 2.04.01-85.

Відповідно до СНІП 2.04.02-84 у зовнішній водопровідній мережі має бути забезпечений необхідний вільний напір

$$h_g = 10 + 4(n - 1), \quad (3.7)$$

де n – кількість поверхів у будинку.

Для окремих багатопверхових будинків, розташованих серед

малоповерхових, або будинків, розташованих у підвищених місцях, можливо передбачити місцеві насосні установки для підвищення напору. Вільний напір біля водорозбірної колонки має бути не меншим за 10 м. Вільні напори у зовнішній мережі виробничого водопроводу визначають за технічними даними залежно від прийнятого устаткування.

Вільний напір у господарсько-питному водопроводі біля споживачів не повинен перевищувати 60 м.

Такий максимальний тиск забезпечує надійність експлуатації пристроїв водоспоживання та трубопроводів, а також відповідає необхідним межам витрат води. При зонному водоспоживання будівель підвищеної поверховості тиск біля найбільш низько розташованих пожежних кранів у зоні повинен бути не більш 90 м. в. ст. Для цього використовують відповідні технічні рішення.

Максимальний розмір гідростатичного тиску у зовнішніх протипожежних водопровідних мережах високого тиску із лафетними стволами на об’єктах підвищеної пожежної небезпеки (підприємства нафтопереробної та хімічної промисловості, лісобіржах та складах для зберігання паливно-мастильних матеріалів та інше) може досягати 150 м.

Завдання. Визначити діаметри водопровідної мережі та необхідний напір на початку мережі. При умовах:

1. витрата на окремих ділянках визначається в залежності від вузлових.
2. Геометрична відмітка в кінцевій точці визначається по рисунку 2.1. в залежності від відмітки першої шляхом додавання різниці між сусідніми горизонталями $\Delta Z = 0,5\text{м}$
3. Додаткові данні в таблиці 3.3.

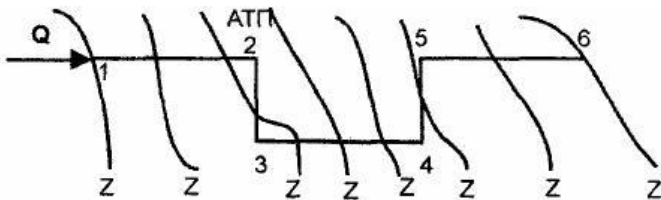


Рисунок 3.1

Таблиця 3.3

Вихідні дані для розрахунків													
Номер варіанту	Витрата води у вузлах q , л/с						Довжина ділянок L , м					Кількість поверхів забудови n	Геом. відмітка на початку,м Z_1
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	L_{1-2}	L_{2-3}	L_{3-4}	L_{4-5}	L_{5-6}		
1	3	2	1	4	2	2	180	170	190	160	130	5	2

2	1	5	3	2	1	5	120	150	160	180	240	3	3
3	4	3	7	6	1	4	140	250	460	250	460	12	5
4	5	3	7	6	2	3	250	460	530	640	730	5	6
5	6	5	6	8	3	5	540	150	110	400	630	9	7
6	4	5	6	8	4	6	730	340	120	200	430	9	5
7	3	6	3	2	5	7	850	360	140	400	550	9	5
8	6	6	3	2	6	1	460	240	170	600	360	4	4
9	6	4	2	2	7	2	670	320	180	700	30	4	4
10	8	4	2	3	8	3	450	240	250	700	400	11	6
11	8	3	1	3	9	4	690	360	350	50	400	12	6
12	6	3	1	4	2	4	540	140	360	400	400	8	6
13	6	2	1	3	3	5	320	370	380	300	50	8	6
14	6	2	6	2	4	2	650	350	570	200	60	8	2
15	3	7	6	5	5	3	630	250	670	400	60	4	2
16	5	7	6	5	6	4	740	360	780	400	60	4	5
17	2	6	4	6	3	5	570	340	370	500	60	5	2
18	8	6	4	3	4	5	480	260	520	300	60	5	8
19	9	5	4	4	5	5	350	230	630	700	110	5	8
20	6	5	9	5	6	2	460	50	740	600	230	9	3
21	5	4	9	6	2	2	570	130	640	500	450	9	3
22	4	4	9	7	3	2	430	240	540	400	60	9	3
23	2	3	3	2	4	8	150	350	430	500	70	10	4
24	3	8	3	3	5	8	130	130	230	600	80	10	4
25	4	3	3	4	6	8	160	120	250	600	90	12	6

На початку визначають розрахункові витрати води на кожній ділянці мережі (3.1) Розрахував витрати води, при відомих швидкостях за таблицю 3.1 приймають діаметри труб та визначають втрати напору для кожної ділянки мережі (3,4) і (3.5). Сума втрат напору магістральної частини від точки живлення мережі до диктуючої точки складає втрати напору мережі. Після чого визначають необхідний напір (3.6).

Контрольні питання:

1. Чому дорівнюють мінімальні та максимальні вільні напори в зовнішніх мережах низького та високого тиску?
2. Як визначити розрахункові витрати ділянки мережі?
3. Як визначити діаметр труб водогінної мережі?
4. Як визначити втрати напору в трубах?
5. Як визначити швидкість руху води в трубах?
6. Що таке питомий опір трубопроводу, опір розрахункової ділянки, втрати напору в трубопроводі, як їх визначити?

Мета роботи

1. Ознайомитися з конструкціями відцентрових насосів та правилами їх експлуатації.
2. Побудувати характеристики відцентрового насоса.
3. Ознайомитися з особливостями спільної роботи відцентрових насосів, а саме: розглянути паралельне та послідовне з'єднання насосів.
4. Виконати розрахунки параметрів насоса за прикладом.

Теоретичні відомості

Найбільшого поширення для водопостачання населення отримали лопатеві насоси. Робочим органом лопатевої машини є обертове робоче колесо, забезпечене лопатями. Лопатеві насоси діляться на відцентрові і осьові. У *відцентровому лопатевому насосі* рідина під дією відцентрових сил переміщується через робоче колесо від центру до периферії.

На рис. 4.1 зображена проста схема відцентрового насоса. Проточна частина насоса складається з трьох основних елементів - підведення 1, робочого колеса 2 і відводу 3. За підводу рідина подається в робоче колесо з трубопроводу, що підводить. Робоче колесо 2 передає рідині енергію від приводного двигуна. Робоче колесо складається з двох дисків *a* і *б*, між якими знаходяться лопатки *в*, вигнуті в сторону, протилежну напрямку обертання колеса. Рідина рухається через колесо з центральної його частини до периферії. Щодо відведення рідина відводиться від робочого колеса до напірного патрубка або, в багатоступінчастих насосах, до наступного колеса.

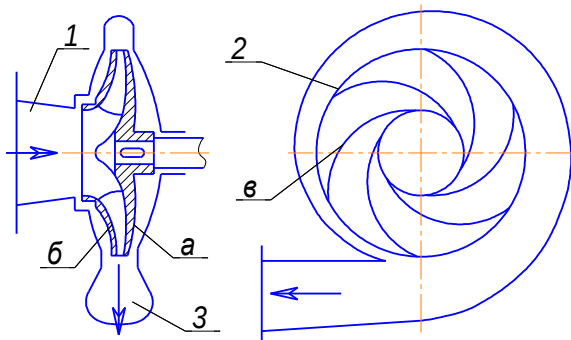


Рисунок 4.1. Схема відцентрового насоса

Робота відцентрового насоса характеризується наступними параметрами: витратою, напором, частотою обертання, потужністю, максимальною висотою всмоктування та коефіцієнтом корисної дії (ККД).

Всі параметри взаємопов'язані між собою та залежать від величини обертання валу насоса, адже неможливо оцінити продуктивність і напір насосу, не зазначивши частоту обертання приводного валу. Відцентрові насоси забезпечують подачу води рівномірно, без пульсацій. Важливим є те, що вони

можуть працювати «на себе». При перекриванні ствола або загині напірних рукавів, насос буде продовжувати неперервну роботу, при цьому напір в порожнині насоса буде залишатись сталим. Відцентрові насоси не потребують складного приводу від двигуна, надійні в роботі та прості в керуванні. Насос може споживати не більше 70 % потужності, що розвиває двигун, та працювати безперервно на протязі 6 годин при будь-яких температурах навколишнього середовища.

Залежності напору, потужності та ККД насоса від витрати при сталій частоті обертання, називаються характеристиками насоса (рис. 4.2)

Оптимальна точка характеристики **с** відповідає максимальному значенню к.к.д. Оскільки крива $Q(\eta)$ має у зоні оптимальної точки пологий характер, то на практиці використовують робочу частину характеристики насоса (зона між точками а та б). Робоча частина характеристики залежить від

допустимого зниження к.к.д., яке приймають не більше 2 – 3% від його максимального значення. Максимальна точка характеристики – кінцева точка кривої $Q(H)$ відповідає тому значенню подачі, після якого насос може увійти у кавітаційний режим.

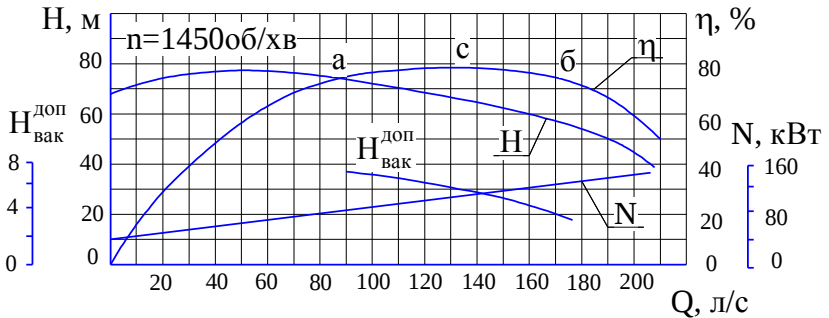


Рисунок 4.2 Характеристики відцентрового насоса

Подача (витрата) насоса $Q(\text{м}^3/\text{с})$ – це об'єм рідини, що переміщує насос за одиницю часу і вимірюється за допомогою витратоміра, який розташований на напірному трубопроводі. Розраховується витрата за наступною формулою:

$$Q = W/t, \quad (4.1)$$

де W – об'єм рідини (м^3);

t – час (с).

Напір насоса H – це енергія, яку передає насос одиниці ваги рідини і визначається за формулою:

$$H = \Delta Z + \frac{P_{\text{м}} + P_{\text{е1}}}{\rho g} + \frac{V_{\text{н}}^2 - V_{\text{е}}^2}{2g}, \quad (4.2)$$

де ΔZ – різниця рівнів розташування манометра (Z_2) та точки приєднання вакуумметра (Z_1), м;

$P_{\text{в}}$ – вакууметричний тиск попереду насоса, Па;

$P_{\text{м}}$ – манометричний тиск на напірному трубопроводі, Па ;

V_n , V_b – швидкості руху рідини у напірному і всмоктуючому трубопроводах відповідно, м/с.

Корисна потужність насоса (Вт) визначається за формулою:

$$N_n = \rho g Q H \quad (4.3)$$

Для вимірювання потужності, яка споживається насосом, використовують електровимірювальні прилади за допомогою яких визначають потужність, яку споживає електродвигун. Помноживши її на ККД електродвигуна, маємо потужність на валу насоса (Вт):

$$N_b = I U \cos \varphi \eta_{дв} , \quad (4.4)$$

де I – сила струму (А);

U – напруга (В);

$\cos \varphi$ - характеристика насоса (0,9);

$\eta_{дв}$ - ККД двигуна (0,85).

Потужність на валу насоса більше корисної потужності на величину втрат у насосі. Ці втрати оцінюються повним ККД насоса. Коефіцієнт корисної дії η_n характеризує досконалість конструкції й економічність експлуатації насоса. Величина η_n показує відносні втрати потужності в самому насосі й виражається добутком

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_g \cdot \eta_{мех} \quad (4.5)$$

У вираз (4.5) входять наступні величини:

$\eta_v = Q_d / Q_m$ – **коефіцієнт подачі**, що представляє собою відношення дійсної подачі насоса Q_d до теоретичної Q_T (враховує втрати продуктивності при витобах рідини крізь зазори й сальники насоса, а також внаслідок інших причин – під час всмоктування);

η_g – **гідралічний к.к.д.** – відношення дійсного напору насоса до теоретичного (враховує втрати напору при русі рідини крізь насос);

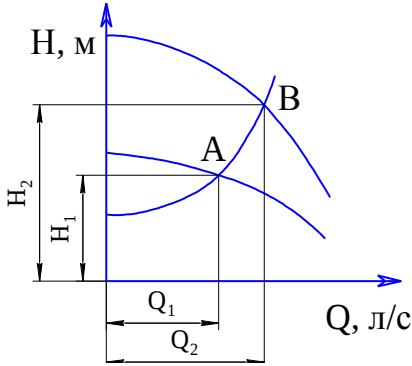
$\eta_{мех}$ – **механічний к.к.д.**, що характеризує втрати потужності на механічне тертя в насосі (у підшипниках, сальниках і ін.).

У технологічних процесах різних виробництв постає потреба подавати в мережу значну кількість рідини. Крім того, велика протяжність трубопроводів потребує застосування насосів з дуже великими напорами. Для цих випадків потрібно створити спеціальні насоси, що не завжди можна конструктивно виконати і що економічно не доцільно. Тому до мережі під'єднують два й більше насосів.

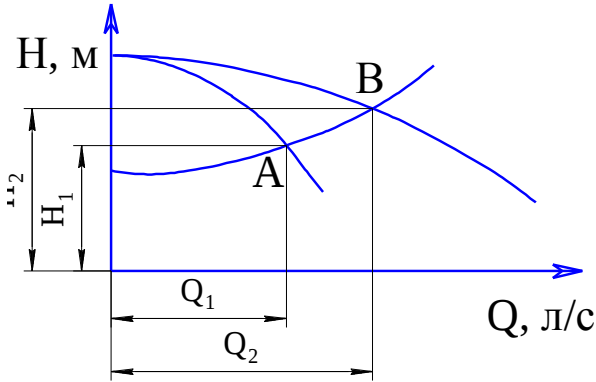
Існує дві схеми спільної роботи відцентрових насосів. Паралельне ввімкнення – коли всмоктувальні й напірні трубопроводи насосів мають спільні точки. У цьому разі витрата рідини може дорівнювати сумі витрат насосів, які працюють паралельно. Щоб дістати сумарну характеристику насосів, потрібно додати абсциси точок кривих напорів двох насосів за сталого напору – з однією й тією самою ординатою (рис.4.3(а)). Важливо запам'ятати, що під час роботи на конкретну мережу паралельне підключення краще для випадку похилої характеристики мережі, тобто простих трубопроводів великого діаметра.

Послідовне з'єднання використовують для збільшення напору тоді, коли один насос не може подолати опору мережі. У цьому разі подавання насосів

однакове, а їх загальний напір дорівнює сумі напорів кожного з них і тим самим подаванням (рис. 4.3(б)). Отже, сумарна характеристика насосів – це сума ординат характеристик насосів з відповідною витратою.



а – паралельне з'єднання насосів;



б – послідовне з'єднання насосів

Рисунок 4.3. Спільна робота насосів

Характеристика мережі визначається за формулою:

$$H = H_{\text{ст}} + h_{\omega}, \quad (4.6)$$

де $H_{\text{ст}}$ – статичний напір насосної установки, м;

h_{ω} – втрати напору в напірній магістралі, м.

Втрати напору в напірній магістралі визначаються за формулою:

$$h_{\omega} = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{V^2}{2g}, \quad (4.7)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя; L – довжина напірного трубопроводу; d – діаметр трубопроводу; V – середня швидкість; $\sum \xi$ – сумарний коефіцієнт місцевих опорів.

Точка перетину характеристики мережі з характеристиками насосів дозволяє визначити подачу та напір насосів, які приєднані до даного трубопроводу.

Для визначення ефективності паралельного з'єднання насосів розраховується коефіцієнт ефективності за формулою:

$$K_{\text{парал}} = \Sigma Q / Q, \quad (4.8)$$

де ΣQ — сумарна подача двох паралельно з'єднаних насосів, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q — подача одного насоса, $\text{м}^3/\text{с}$.

Для визначення ефективності роботи послідовного з'єднання насосів використовується формула:

$$K_{\text{послід}} = \Sigma H / H, \quad (4.9)$$

де ΣH — сумарний напір двох послідовно з'єднаних насосів, м ;

H — напір одного насоса, м .

Завдання

Відцентровий насос піднімає воду на висоту h_e , м по трубопроводу довжиною l , м і діаметром d , мм (рис. 4.4). Коефіцієнт гідравлічного тертя λ , сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\Sigma \xi$.

Характеристика насоса при $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$ наведена в табл. 4.1. Додаткові дані в таблиці 4.3 (згідно варіанту).

Необхідно визначити:

- 1) подачу, напір та потужність, яка споживається насосом;
- 2) подачу води в трубопровід при паралельному включенні двох однакових насосів;
- 3) подачу води в трубопровід при послідовному включенні двох однакових насосів;

Таблиця 4.1

Характеристика насоса при $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Q, л/с	0	4	8	12	16	20
H, м	10	10,2	9,7	8,8	7,6	6,0
η	0	0,28	0,51	0,63	0,65	0,55

Порядок розв'язання. Для визначення подачі, напору і необхідної потужності насоса при роботі на заданий трубопровід, необхідно побудувати характеристику насоса та насосної установки.

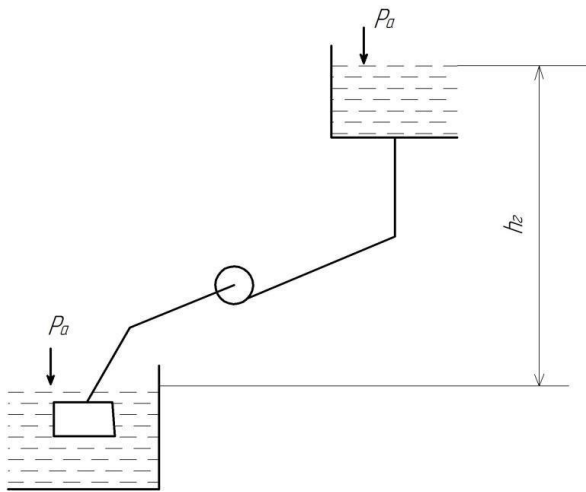


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема

Характеристика насосної установки визначає залежність необхідного напору та витрати, будується за даними, отриманими за формулою:

$$H_{необ} = h_z + h_w + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g}, \quad (4.10)$$

де p_2 , p_1 – тиск на поверхні води відповідно в живильному та приймальному резервуарах. Оскільки в даному випадку два резервуари відкриті, то $p_2 = p_1 = p_a$ та $H_{необ} = h_z + h_w$.

Втрати напору визначити по формулі 4.7. , яка прийме вигляд

$$h_w = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d^2} \right)^2, \quad (4.11)$$

Для побудови залежності $H_{необ} = f(Q)$ задаємося рядом значень Q і знаходимо відповідні значення $H_{необ}$.

Значення $H_{необ}$ при різних значеннях Q заносимо до таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Характеристика насосної установки

Q , л/с					
$H_{необ}$					
м					

За даними таблиць 4.1 і 4.2 будуються графіки та знаходиться робоча точка (перетин даних характеристик) насоса з трубопроводом.

Після визначення координат робочої точки розраховується корисна та споживча потужність насосної установки за формулою 4.3 та 4.12

$$\eta_6 = \frac{N_n}{\eta}, \quad (4.11)$$

Для визначення подачі води в трубопровід при паралельному включенні двох однакових насосів необхідно побудувати їх сумарну характеристику шляхом додавання абсцис точок кривих $H_1 = f(Q)$ обох насосів, взятих при одній і тій же ординаті H . Оскільки за умовою задачі два насоси однакові, то їх сумарна характеристика будується шляхом подвоєння абсцис точок кривих $H_1 = f(Q)$. В перетину цієї кривої з насосною характеристикою установки (крива $H_{необ} = f(Q)$) є робочою.

Сумарна характеристика двох насосів, включених послідовно, будується додаванням ординат точок кривих $H_1 = f(Q)$ обох насосів при одних і тих же значеннях подачі. Оскільки за умовою задачі насоси однакові, то їх сумарна характеристика будується шляхом подвоєння ординат кривої $H_1 = f(Q)$. Перетин сумарної характеристики насосів з характеристикою насосної установки дає робочу точку, яка визначає подачу і сумарний напір обох насосів.

Таблиця 4.3

Дані для розрахунків

Варіант	Висота h_z , м	Довжина тр-да l , м	Діаметр тр- да d , мм	Коефіцієнт гідравлічного тертя λ	Сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\sum \xi$
1	5	3	100	0,02	15
2	5	3	150	0,015	25
3	5	3	200	0,03	32
4	5	3	100	0,025	41
5	6	4	200	0,02	26
6	6	4	150	0,03	34
7	6	4	100	0,015	30
8	7	4	150	0,02	20
9	7	5	200	0,025	10
10	7	5	100	0,035	16
11	9	5	200	0,015	27
12	9	5	150	0,03	38
13	9	5	100	0,015	21
14	12	6	200	0,02	52

15	12	6	150	0,025	46
16	12	6	100	0,015	32
17	12	6	150	0,035	42
18	15	9	100	0,03	51
19	15	9	200	0,015	28
20	15	9	150	0,02	30

Приклад розрахунку

Відцентровий насос піднімає воду на висоту $h_z = 6$ м по трубопроводу довжиною $l = 700$ м і діаметром $d = 150$ мм (рис. 4.4). Коефіцієнт гідравлічного тертя $\lambda = 0,03$, сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\sum \xi = 12$. Характеристика насоса при $n = 1000$ хв.⁻¹ наведена в табл. 4.1

Необхідно визначити:

- 1) подачу, напір та потужність, яка споживається насосом;
- 2) подачу води в трубопровід при паралельному включенні двох однакових насосів;
- 3) подачу води в трубопровід при послідовному включенні двох однакових насосів;

Розв'язання. Для визначення подачі, напору і необхідної потужності насоса при роботі на заданий трубопровід, необхідно побудувати характеристику насоса та насосної установки.

Характеристика насосної установки визначає залежність необхідного напору та витрати, будується за даними, отриманими за формулою 4.10

Втрати напору за формулою 4.11

Підставляючи в цей вираз задані значення λ , l , d та $\sum \xi$, після перетворень отримаємо:

$$h_w = 2,48 \cdot 10^4 Q^2$$

Тоді необхідний напір насоса визначиться:

$$H_{необ} = h_z + h_w = 6 + 2,48 \cdot 10^4 \cdot Q^2$$

Для побудови залежності $H_{необ} = f(Q)$ задаємося рядом значень Q і знаходимо відповідні значення $H_{необ}$. Нехай, наприклад, $Q = 10$ л/с = $0,01$ м³/с. Тоді $H_{необ} = 6 + 24800 Q^2 = 6 + 24800 \cdot 0,01^2 = 8,48$ м.

Таблиця 4.3

Характеристика насосної установки (значення $H_{необ}$ при різних значеннях Q)

Q, л/с	0	5	10	15	20
H _{необ} , м	6,0	6,62	8,48	11,62	15,92

За даними таблиць 4.1 і 4.3 побудовані графіки (рис. 4.5).

Точка А, точка перетину головної характеристики насоса (крива $H_1 = f(Q)$) та характеристики насосної установки (крива $H_{необ} = f(Q)$) є робочою точкою.

Робоча точка визначає режим роботи насоса на заданий трубопровід: $Q = 11,2$ л/с; $H = 9,1$ м; $\eta = 0,62$.

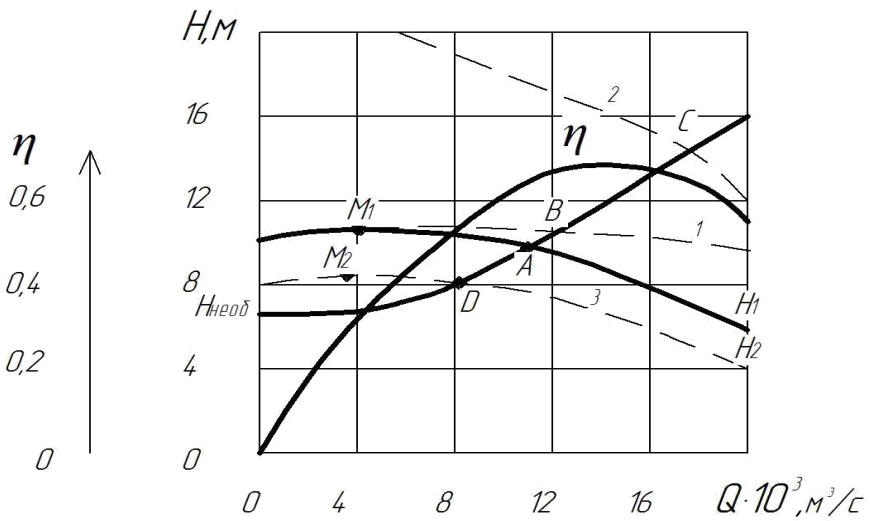


Рисунок 4.5 Характеристика насосної установки

Корисна потужність:

$$N_n = \rho \cdot g \cdot q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0112 \cdot 9,1 = 1000 \text{ Вт} = 1 \text{ кВт}, \quad (4.2)$$

Споживана потужність :

$$\eta_e = \frac{N_n}{\eta} = \frac{1}{0,62} = 1,6 \text{ кВт}, \quad (4.11)$$

Для визначення подачі води в трубопровід при паралельному включенні двох однакових насосів необхідно побудувати їх сумарну характеристику шляхом додавання абсцис точок кривих $H_1 = f(Q)$ обох насосів, взятих при одній і тій же ординаті H . Оскільки за умовою задачі два насоси однакові, то їх сумарна характеристика будується шляхом подвоєння абсцис точок кривих $H_1 = f(Q)$. Сумарна характеристика зображена кривою 1. Точка В перетину цієї кривої з насосною характеристикою установки (крива $H_{\text{необ}} = f(Q)$) є робочою. Абсциса точки В дорівнює сумарній подачі обох насосів ($Q=12,8 \text{ л/с}$), ордината – напору насосів ($H=10 \text{ м}$).

Сумарна характеристика двох насосів, включених послідовно, будується додаванням ординат точок кривих $H_1 = f(Q)$ обох насосів при одних і тих же значеннях подачі. Оскільки за умовою задачі насоси однакові, то їх сумарна характеристика будується шляхом подвоєння ординат кривої $H_1 = f(Q)$ (рис. 4.5, кривою 2). Перетин сумарної характеристики насосів з характеристикою насосної установки дає робочу точку С, яка визначає подачу $Q=17,8 \text{ л/с}$ і сумарний напір $H=13,8 \text{ м}$ обох насосів.

Контрольні питання:

1. Поясніть схему роботи відцентрового насоса.
2. Назвіть основні характеристики відцентрового насоса.
3. Поясніть принцип побудови графіків спільної роботи мережі і насоса.

4. Поясніть принцип побудови графіків спільної роботи декількох насосів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

РОЗРАХУНОК ЗМІШУВАЧІВ

Мета роботи

Ознайомитися з конструкціями та методикою розрахунків вертикального(вихрового) та перегородчастого змішувачів.

Теоретичні відомості

Змішувальні пристрої (змішувачі) повинні не більше ніж за дві хвилини забезпечити повне змішування реагенту, що вводиться, з оброблюваною водою. Вони також повинні забезпечувати можливість послідовного введення всіх необхідних реагентів з дотриманням часу розриву між ними.

Змішування реагентів з оброблюваною водою може відбуватися в змішувачах гідравлічного чи механічного типу. Відкриті змішувачі гідравлічного типу бувають: дірчасті, перегородчасті, коридорні, вихрові (вертикальні).

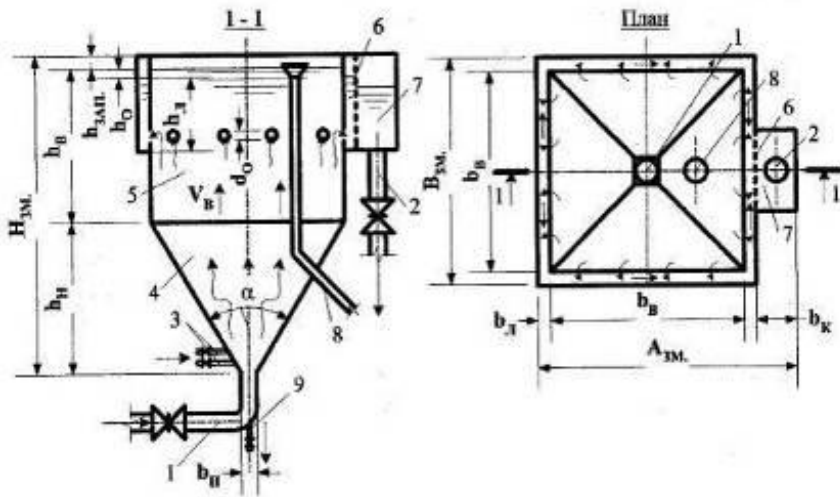
Механічні змішувачі можуть застосовуватися у випадку, коли відкриті гідравлічні змішувачі застосовувати економічно недоцільно.

При проектуванні резервний змішувач передбачати не слід.

Найбільш широке застосування знаходить вихровий змішувач гідравлічного типу, що забезпечує високий ефект перемішування води з реагентами.

Вертикальний змішувач

Вертикальні змішувачі вихрового типу застосовують в разі надходження на очисні споруди води з крупнодисперсними завислими частками. За конструкцією вертикальний змішувач – це резервуар круглого або прямокутного (квадратного) поперечного перерізу в плані з конічним або пірамідальним днищем .



1 – трубопровід подавання води в змішувач; 2 – трубопровід відведення води; 3 – трубопровід підведення реагентів (коагулянт, флокулянт); 4 – пірамідальна частина; 5 – вертикальна частина; 6 – сітка; 7 – бокова кишеня; 8 – переливний трубопровід; 9 – трубопровід спорожнення.

Рисунок 6.3 Вертикальний змішувач

Вихідна вода подається до нижньої частини (днища) змішувача, де в трубопровід подачі води вводять реагенти. Потім вода підіймається зі швидкістю, що поступово зменшується. У верхній частині змішувача розміщені лотки з отворами або дірчасті труби для збору води.

Тривалість перебування води у змішувачі становить 1,5-2 хв.

Відповідно до п. 6.45 [1], діаметр вхідного отвору в змішувач приймають, виходячи з величини швидкості руху води 1,2-1,5 м/с, швидкість висхідного руху води у верхній частині змішувача (під водозбірним пристроєм) – 30-40 мм/с, а в кінці водозбірного лотка – 0,6 м/с. У змішувачі слід передбачити трубопроводи: переливний і для спустошення і випуску осаду. Розрахункова витрата одного змішувача має бути не більше 1500 м³/год., або 0,416 м³/с.

Трубопровід, що подає оброблювану воду в нижню частину змішувача, має внутрішній діаметр 500 мм, тоді зовнішній буде 530 мм. Розмір у плані нижньої частини змішувача в місці примикання цього трубопроводу буде 0,53x0,53 м, а площа нижньої частини усіченої піраміди f_n - 0,281 м².

Збір води здійснюється у верхній частині змішувача трьома затопленими дірчастими трубами, що відводять воду до збірної бокової кишені (лотку). Відстань між трубами за осями 1 м, до стіни - 0,565 м. Швидкість руху води в кішені(лотку) $V = 0,6$ м/с.

Розрахунок змішувача зводиться до визначення його лінійних розмірів.

Розрахунок вертикального змішувача

1. Площа горизонтального перерізу верхньої частини змішувача, м^2 :

$$f_{\epsilon} = \frac{Q_{\text{зм}}}{V_{\epsilon}}, \quad (5.1)$$

де $Q_{\text{зм}}$ – витрата одного змішувача, $\text{м}^3/\text{год}$;

V_{ϵ} – швидкість висхідного потоку у верхній частині змішувача, м/с .

2. Розмір сторони верхньої (квадратної) частини, м :

$$\epsilon_{\epsilon} = \sqrt{f_{\epsilon}}, \quad (5.2)$$

3. Висота нижньої пірамідальної частини змішувача, м :

$$h_{\text{н}} = 1/2(\epsilon_{\epsilon} - \epsilon_{\text{н}}) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (5.3)$$

де $\epsilon_{\text{н}}$ – ширина нижньої частини змішувача, м ;

4. Об'єм нижньої частини змішувача, м^3 :

$$W_{\text{н}} = \frac{1}{3} \cdot h_{\text{н}} (f_{\epsilon} + f_{\text{н}} + \sqrt{f_{\epsilon} \cdot f_{\text{н}}}), \quad (5.4)$$

5. Загальний об'єм змішувача, м^3 :

$$W = \frac{Q \cdot t}{60 \cdot n}, \quad (5.5)$$

де Q – витрата станції водо підготовки, $\text{м}^3/\text{год}$;

t – час перебування води у змішувачах (1,5-2хв.);

n – кількість змішувачів.

6. Об'єм верхньої частини змішувача, м^3 :

$$W_{\epsilon} = W - W_{\text{н}}, \quad (5.6)$$

7. Висота верхньої частини змішувача, м :

$$h_{\epsilon} = \frac{W_{\epsilon}}{f_{\epsilon}}, \quad (5.7)$$

8. Повна висота змішувача, м :

$$h = h_{\epsilon} + h_{\text{н}}, \quad (5.8)$$

9. Площа живого перерізу водозбірного лотка, м^2 :

$$w = \frac{Q_{\text{зм}}}{V \cdot n}, \quad (5.9)$$

де V – швидкість руху води в лотку, м/с ;

10. Висота шару води в лотку, м :

$$h = \frac{w}{\epsilon}, \quad (5.10)$$

де b – ширина лотка (0,2-1м)

11. Площа всіх отворів, через які вода переливається в лотки, m^2 :

$$F_o = \frac{Q_{зм}}{V_o 3600}, \quad (5.11)$$

де V_o – швидкість руху води через отвори (1 м/с)

12. Кількість отворів, шт.:

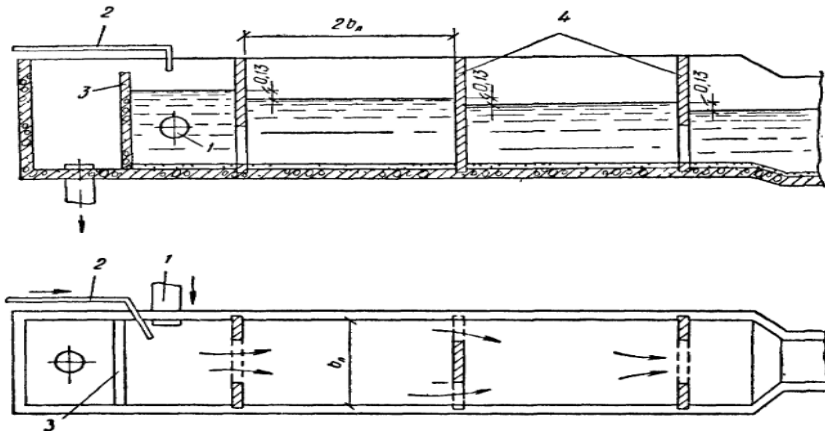
$$n_o = \frac{F_o}{f_o}, \quad (5.12)$$

де f_o – площа одного отвору виходячи з його розмірів (0,02м x 0,04м)

Перегородчастий змішувач

Перегородчастий змішувач (рис. 5.2) представляє собою прямокутний лоток, в якому послідовно встановлено кілька перегородок з прорізами, які зумовлюють безперервну зміну напрямку струменів води і швидкості руху. Розрахункова швидкість руху води в лотку приймається рівною 0,6 м / с, а в отворах-1 м / с. Відстань між перегородками приймається рівною подвійній ширині лотка.

Перегородчастий змішувач є більш сучасним конструктивним різновидом так званого йоржового змішувача, в якому перегородки ставилися під деяким кутом до стінки лотка.



1– труба для підведення води; 2– труба для підведення реагенту; 3– перелив; 4– перегородки.

Рисунок 5.2 Перегородчастий змішувач

Розрахунок перегородчастого змішувача

1. Визначити загальну площу верхньої частини перегородчастого змішувача можна за формулою:

1. Об'єм змішувачів, м^3 :

$$W = Q \cdot t, \quad (5.13)$$

де Q - витрата станції водопідготовки, $\text{м}^3/\text{год}$;

t - час перебування води у змішувачах (повинен бути не більше 2 хвилин), год.;

2. Площа змішувачів, м^2 :

$$F = W / h, \quad (5.14)$$

де h – глибина води у змішувачах (0,4-0,5м)

Згідно [1] змішувачів повинно бути не менше 2х.

3. Площа кожного змішувача, м^2 :

$$F_{\text{зм}} = \frac{F}{N}, \quad (5.15)$$

де N – кількість змішувачів (приймаємо довільно)

4. Довжина змішувача, м:

$$L_{\text{зм}} = F_{\text{зм}} / B_{\text{зм}}, \quad (5.16)$$

де $B_{\text{зм}}$ - ширина змішувача (приймається довільно), м.

Контрольні питання:

1. Для чого використовують змішувачі ?
2. Пояснити принцип роботи вертикального вихрового змішувача.
3. Який час перебування води у змішувачі? Чим це обумовлено?
4. Яка мінімальна кількість змішувачів на станції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

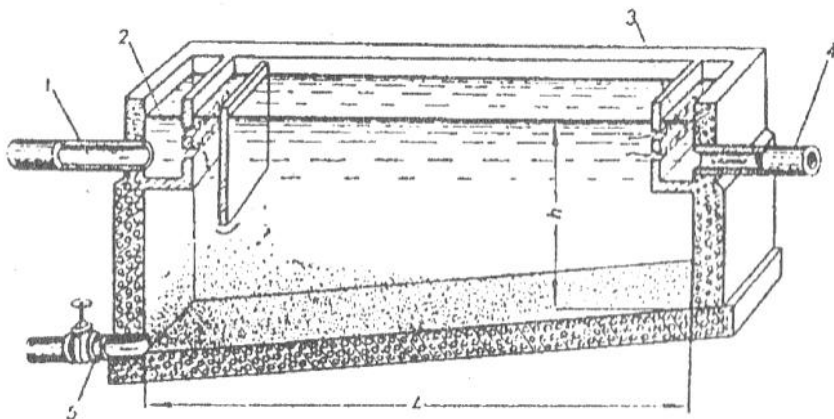
РОЗРАХУНОК ВІДСТІЙНИКІВ

Мета роботи

Ознайомитися з конструктивними особливостями та методикою розрахунків горизонтальних та вертикальних відстійників.

Теоретичні відомості

Видалення завислих речовин з води здійснюється відстоюванням її в спорудах, які називаються відстійниками. Кількість зважених речовин в воді, яка надходить після відстійників на фільтри, не повинно перевищувати 8-12 мг/л. Горизонтальні відстійники – це басейни, які зазвичай мають у плані форму видовженого прямокутника. (рис. 6.1)



1-подавальна труба; 2-розподільний жолоб; 3-збірний жолоб; 4-відвідна труба;
5-труба для видалення осаду.

Рисунок 6.1. Горизонтальний відстійник:

Дно відстійника роблять з ухилом у бік, протилежний руху води. Вона надходить по трубі 1 в розподільний жолоб 2, який має отвори для рівномірного розподілу води по живому перерізу відстійника. Кількість отворів і їх розміри вибирають з таким розрахунком, щоб швидкість води в отворах не перевищувала 0,3-0,4 м/с. Прояснена вода надходить у жолоб 3 і з нього по трубі 4 відводиться на фільтри. Осад (шлам), що збирається на дні, періодично змивається водою і видаляється по трубі 5.

Розрахунок горизонтального відстійника

1. Площа горизонтальних відстійників, m^2 :

$$F_{г.в.} = (\alpha_{об} \cdot q) / 3,6U_0, \quad (6.1)$$

де q – розрахункова витрата води, $m^3/год$,

u_0 – швидкість випадання зважених частинок, які затримались у відстійнику (гідравлічна крупність), $мм/с$, згідно табл. 6.1.

α – коефіцієнт, який враховує вплив вертикальної складової швидкості потоку

$V_{ср}$ – середня горизонтальна швидкість руху води у відстійнику, $мм/с$:

Таблиця 6.1

Характеристика оброблюваної води і спосіб обробки	Швидкість випадання завису U_0 , яка затримується відстійниками, $мм/с$
Маломутні кольорові води (до 50 $мг/л$), що оброблюються коагулянтном	0,35—0,45
Води середньої мутності (від 50 до 250	0,45—0,5

мг/л), що оброблюються коагулянтom	
Мутні води (від 250 до 1500 мг/л), що оброблюються: коагулянтom флокулянтom	0,5—0,6 0,2—0,3
Мутні води, що не оброблюються коагулянтom	0,08—0,15

2. Середня горизонтальна швидкість руху води у відстійнику, мм/с

$$V_{cp} = k \cdot U_0, \quad (6.2)$$

Коефіцієнт k визначається на основі прийнятого відношення довжини відстійника L до його глибини H (2,5-3,5м),

L/H	10	15	20	25
k	7,5	10	12	13,5

3. Ширина горизонтального відстійника, м:

$$B = q / (3,6 \cdot V_{cp} \cdot H \cdot N) \quad (6.3)$$

де N – розрахункова кількість відстійників (приймаємо). При $B > 6$ м приймаємо де-кілько коридорів

1. Довжина відстійника, м:

$$L = F / (B \cdot N) \quad (6.4)$$

4. Видалення осаду із відстійника рекомендується проводити гідравлічним способом. Об'єм зони накопичення і ущільнення осаду, m^3 :

$$W_{з.н.} = (24 \cdot T \cdot q(C_{cp} - m)) / (N \cdot \delta), \quad (6.5)$$

де C_{cp} – середня концентрація завислих речовин, мг/л;

m – кількість завислих речовин у воді на виході з відстійника (8мг/л);

T – тривалість роботи відстійника між чистками (2-3 доби);

δ – середня концентрація ущільненого осаду, $г/м^3$ за табл. 6.2 , або табл.19 [1];

5. Середня концентрація завислих речовин, мг/л:

$$C_{cp} = M + k \cdot D_k + 0,25 \cdot Ц + B, \quad (6.6)$$

де M – кількість зважених частинок у вихідній воді, мг/л;

k – перевідний коефіцієнт, приймається для очищеного сірчаноокислого алюмінію, рівний 0,55;

D_k – доза коагулянту по безводному продукту, мг/л;

$Ц$ – кольоровість вихідної води, в град.;

B – кількість нерозчинених у воді завислих речовин

6. Доза коагулянту по безводному продукту, мг/л:

$$D_k = 4\sqrt{C}, \quad (6.7)$$

7. Кількість нерозчинених речовин, що вводяться з вапном для підлуження води, мл/л:

$$B = (1 - 0,4)D_B, \quad (6.8)$$

де D_B - доза вапна (23 г/м³)

8. Кількість води, що витрачається при видаленні осаду, % :

$$P = ((k_p \cdot W_{zn}) / (24q \cdot T))100, \quad (6.9)$$

де k_p – коефіцієнт розбавлення (приймається 1,3).

Розрахунок камери утворення пластівців:

Кількість камер утворення пластівців N_{yn} приймаємо рівною

кількості горизонтальних відстійників.

9. Витрата води на 1 камеру м³/год:

$$q_{yn} = q / N_{yn}, \quad (6.10)$$

10. Площа камери утворення пластівців, м² :

$$F_{yn} = \frac{q_{yn}}{3,6V_\kappa} \quad (6.11)$$

де V_κ - швидкість висхідного води у верхньому перерізі камери реакції, мм/с. Вона приймається за п.6.56 [1] при освітленні вод середньої каламутності – 0,65-1,6 мм/с, для каламутних вод – 0,8-2,2мм/с. Розміри камери приймаємо: ширину за шириною відстійника, довжину – вираховуємо.

11. Глибина камери визначається , м:

$$H_{yn} = \frac{60 \cdot V_\kappa \cdot t}{1000}, \quad (6.12)$$

де t - час перебування води в камері утворення пластівців, хв.;

приймається 20-30 хв.

12. Фактичний час перебування води в камері утворення пластівців, хв.:

$$t = \frac{W_{\kappa x}}{1000}, \quad (6.13)$$

де $W_{\kappa n}$ - об'єм камери реакції, м³.

Таблиця 6.2

Мутність вихідної води, мг/л	Препарати, що застосовуют ься	Середня по висоті осадової частини відстійника концентрація твердої фази в осаді δ , г/м ³ , при інтервалах між скидами осаду, год.		
		6	12	24 і більше

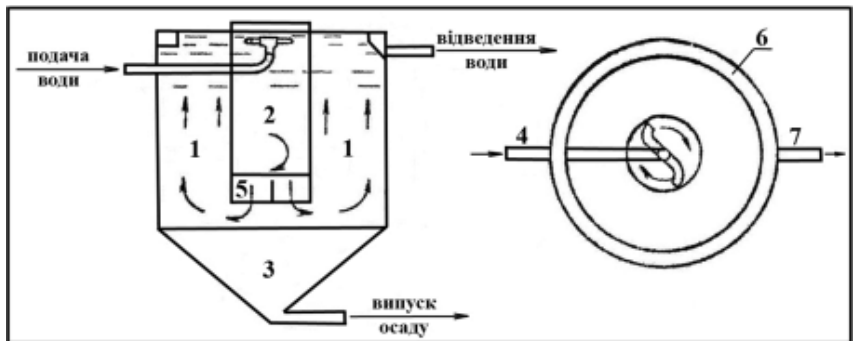
1	2	3	4	5
До 50	Коагулянт	9000	12000	15000
Більше 50 — до 100	Коагулянт	12000	16000	20000
Більше 100 — до 400	Коагулянт	20000	32000	40000
Більше 400 — до 1000	Коагулянт	35000	50000	60000
Більше 1000 — до 1500	Коагулянт	80000	100000	120000
Більше 1500	Флокулянт	90000	140000	160000
Більше 1500	Без реагентів	200000	250000	300000

Розрахунок вертикального відстійника

Вертикальні відстійники рекомендується застосовувати при продуктивності станції до $3000 \text{ м}^3/\text{доб.}$ (максимально $10000 \text{ м}^3/\text{добу}$).

В центрі вертикального відстійника встановлюють камеру утворення пластівців вихрового типу, в яку вода потрапляє через тангенційно розташовані сопла. Швидкість витікання із насадок 2-3 м/с. в нижній частині камери передбачаються ґрати із дерев'яних щитів. Висота – 0.8 м і розмір цих щитів в плані 10 x 10м.

Розрахунок вертикального відстійника знаходиться при співвідношенні основних його розмірів. Відношення H/D для вертикального відстійника повинно бути не більше ніж 1.5.



1 – круглий в плані басейн; 2 – центральна труба (вбудована у відстійник камера утворення пластівців); 3 – нижня конічна частина відстійника; 4 – труба для подачі води; 5 – погашувач; 6 – збірний жолоб; 7 – відвідна труба

Рисунок 6.2 Вертикальний відстійник

1. Площа поперечного перерізу зони осадження, м² :

$$F = \beta \frac{q}{3,6 \cdot V_p \cdot N} , \quad (6.14)$$

де β – коефіцієнт який враховує об'єм використання відстійників (1.3-1.5);

q - розрахункова витрата ,м³/ч;

V_p - розрахункова швидкість потоку (0.5-0.6 мм/с);

N – розрахункова кількість відстійників.

При кількості вертикальних відстійників менше 6 і при продовженому періоду коагуляції більше 3 місяців передбачається один резервний відстійник.

2. площа камери реакції , м² :

$$f_{\kappa} = \frac{qT}{60 \cdot H \cdot N} , \quad (6.15)$$

де T - час перебування води в камері реакції (15-20мин);

H - висота камери реакції , м; $H=0.9 H_0$, де $H_0=4\div 5$,м.

3. Площа відстійника, м² :

$$F_o = F + f_{\kappa} \quad (6.16)$$

4. Діаметр відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4F_o}{\pi}} \quad (6.17)$$

Кут нахилу стін конічної частини вертикального відстійника α приймається 50-55⁰.

5. Висота конічної частини відстійник, м:

$$h_{\kappa} = \frac{D - d}{2 \cdot \cot(90 - \alpha)} , \quad (6.18)$$

де d - діаметр нижньої частини конічного дна, який дорівнює діаметру труби для видалення осаду із відстійника 150-200мм.

6. Ємність конічної (осадової) частини відстійника,м³:

$$W_{oc} = \frac{\pi h_{\kappa}}{4} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{Dd}{4} \right] , \quad (6.19)$$

7. Період роботи відстійника між чистками приймається не менше ніж 8 годин і знаходиться по формулі:

$$T = \frac{W_{oc} \cdot N \cdot \delta}{q(C_{cp} - m)} , \quad (6.20)$$

де C_{cp} – середня концентрація завислих речовин, мг/л;

m – кількість завислих речовин у воді на виході з відстійника (8мг/л);

δ – середня концентрація ущільненого осаду, г/м³ за табл. 6.2 , або табл.19 [1];

8. Середня концентрація завислих речовин, мг/л:

$$C_{cp} = M + k \cdot D_k + 0,25 \cdot Ц + B \quad (6.21)$$

де M – кількість зважених частинок у вихідній воді, мг/л;

k – перевідний коефіцієнт, приймається для очищеного сірчанокислового алюмінію, рівний 0,55;

D_k – доза коагулянту по безводному продукту, мг/л;

$Ц$ – кольоровість вихідної води, в град.;

B – кількість нерозчинених у воді завислих речовин

9. Доза коагулянту по безводному продукту, мг/л:

$$D_k = 4\sqrt{Ц} , \quad (6.22)$$

10. Кількість нерозчинених речовин, що вводяться з вапном для підключення води, мл/л:

$$B = (1 - 0,4)D_B , \quad (6.23)$$

де D_B - доза вапна (23 г/ м³)

Забір освітленої води передбачається периферійними і радіальними жолобами , переріз яких розраховується виходячи із швидкості води в них 0.6-0.7 м/с. Кількість жолобів залежить від площі відстійників і приймається наступним чином: при площі до 12м²-1 периферійний жолоб, при площі 12-30м² – 4 радіальних жолоба, більше ніж 30 м²-6-8 жолобів.

11. Площа поперечного перерізу жолоба, м²:

$$w = \frac{q}{v \cdot n} , \quad (6.24)$$

де n - кількість жолобів

При розрахунку водоворотної камери реакції визначають її площу, висоту, діаметр трубопроводу і діаметр насадків.

12. Діаметр насадків, м:

$$d_c = \sqrt{\frac{2q_k}{\pi \cdot \mu \cdot v_c}}, \quad (6.25)$$

де q_k - витрата води, яка надходить в камеру реакції, м³/с;

μ – коефіцієнт витрати при витіканні через насадок (0.91);

v_c - швидкість витікання через насадки (сопла) 2÷3 м/с.

Завдання:

Обчислити відстійники користуючись даними таблиці 6.3, згідного виданого викладачем варіанту.

Таблиця 6.3

Номер варіанту	Продуктивність станції, м ³ /год	Мутність, мг/л	Тривалість роботи відстійника, год
1	15000	60	12
2	10000	150	24
3	3000	25	12
4	1000	600	24
5	2000	250	12
6	3000	200	24
7	40000	1200	12
8	800	750	24
9	700	900	12
10	500	650	24
11	3000	100	12
12	4500	230	24
13	2500	420	12
14	6500	280	12
15	7500	120	24

Контрольні питання:

1. Що представляє собою горизонтальний відстійник і яке його призначення?
2. Яка максимальна ширина кожної секції відстійника приймається при розрахунках?
3. Які існують способи видалення осаду з відстійників?
4. Яка приймається мутність води після обробки у відстійнику?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

РОЗРАХУНОК ШВИДКОГО ФІЛЬТРА

Мета роботи

Ознайомитися зі схемою роботи швидкого фільтру, зробити розрахунки згідно одержаних даних.

Теоретичні відомості

Після освітлення води у відстійниках або освітлювачах її фільтрують. Вода, що надходить на фільтри після відстійників чи освітлювачів із завислим осадом, не повинна містити завислих речовин більше ніж 12 мг/л, а після фільтрування мутність води, яка призначена для господарсько-питних цілей, не повинна перевищувати 1,5 мг/л.

Розрізняють швидкі і повільні фільтри. Швидкі використовують при застосуванні коагуляції води, а повільні — при обробці води без коагулянтів.

Швидкий фільтр представляє собою завантажений фільтруючим матеріалом резервуар, який обладнано пристроями для подачі води, збору профільтрованої води і промивки фільтруючого матеріалу. Кількість фільтрів у складі фільтрувальної станції повинне прийматися не менш двох.

Фільтри та їх комунікації повинні бути розраховані на роботу при нормальному й форсованому (частина фільтрів знаходиться на ремонті) режимах. На станціях з кількістю фільтрів до 20 необхідно передбачати можливість вимкнення на ремонт одного фільтра, при більшій кількості - двох фільтрів.

Для завантаження фільтрів необхідно використовувати кварцовий пісок, подрібнені антрацит і керамзит, а також інші матеріали. Всі фільтруючі матеріали повинні забезпечувати технологічний процес і мати необхідну хімічну стійкість і механічну міцність.

Швидкості фільтрування при нормальному і форсованому режимах при відсутності даних технологічних досліджень необхідно приймати згідно таблиці 7.1. з урахуванням забезпечення тривалості роботи фільтрів між промивками не менше: при нормальному режимі — 8...12 годин, при форсованому режимі або повній автоматизації промивки фільтрів — 6 годин.

Швидкі фільтри по напрямку руху води в процесі фільтрування поділяються на фільтри з фільтрацією води зверху вниз (однопоточні) і фільтри з фільтрацією одночасно знизу вгору і зверху вниз (двохпоточні).[11]

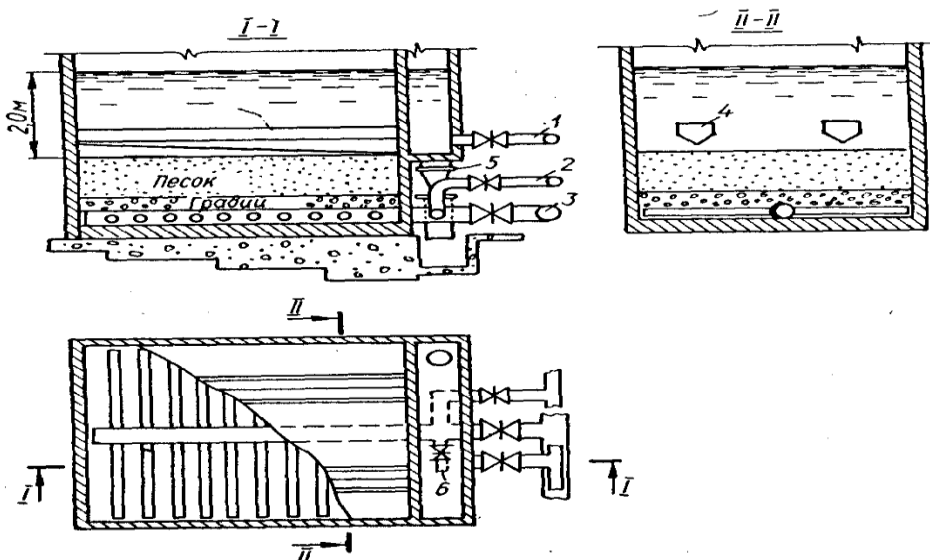
Швидкі фільтри з фільтрацією води зверху вниз бувають з одношарові, двошарові і грубозернистим (для часткового освітлення води) завантаженням. Схема однопотокового одношарового швидкого фільтра представлена на рис. 7.1.

Характеристики фільтруючих шарів, що рекомендуються, і розрахункові швидкості фільтрування приведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Фільтри	Характеристика фільтруючого шару						Швидкість фільтрування, м/год	
	Матеріал завантаження	Діаметр зерен			Коефіцієнт неоднорідності завантаження	Висота шару, м	При нормаль-ному режимі V_n	При форсова-ному режимі, V_{ϕ}
		найменших	найбільших	еквівалентний				
Одношарові швидкі фільтри з завантаженням різної крупності	Кварцовий пісок	0,5	1,2	0,7...0,8	1,8...2,0	0,7...0,8	5...6	6,0...7,5
		0,7	1,6	0,8...1,0	1,6...1,8	1,3...1,5	6...8	7,0...9,5
		0,8	2	1,0...1,2	1,5...1,7	1,8...2,0	8...10	10...12
	Дроблений керамзит	0,5	1,2	0,7...0,8	1,8...2,0	0,7...0,8	6...7	7...9
		0,7	1,6	0,8...1,0	1,6...1,8	1,3...1,5	7...9,5	8,5...11,5
		0,8	2,0	1,0...1,2	1,5...1,7	1,8...2,0	9,5...12	12...14

Швидкі фільтри з двошаро- вим завантаже- нням	Кварцовий пісок	0,5	1,2	0,7...0,8	1,8...2,0	0,7...0,8	7...10	8,5...12
--	-----------------	-----	-----	-----------	-----------	-----------	--------	----------



1 — трубопровід, що подає воду на фільтри; 2 — трубопровід фільтрованої води; 3 — трубопровід, що подає промивну воду; 4 — лотки для збору промивної води; 5 — трубопровід скидання промивної води; 6 — трубопровід спорожнювання.

Рисунок. 7.1. Схема швидкого однопотокowego одношарового фільтра:

1 — трубопровід, що подає воду на фільтри; 2 — трубопровід фільтрованої води; 3 — трубопровід, що подає промивну воду; 4 — лотки для збору промивної води; 5 — трубопровід скидання промивної води; 6 — трубопровід спорожнювання.

Розрахунок швидкого фільтра

1. Розрахункова площа фільтрування F , m^2 :

$$F = \frac{Q}{m \cdot V_{p.n.} - 3,6n \cdot W \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot V_{p.n.}}, \quad (7.1)$$

де: Q — розрахункова продуктивність станції, $m^3/\text{добу}$;

m — тривалість роботи станції протягом доби, 24 год;

$V_{p.n.}$ — розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі, $m/\text{год}$ (приймається згідно табл. 7.1)

n — кількість промивок кожного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації (приймається 2—3);
 W — інтенсивність промивання фільтра, л/с·м² (табл.7.2);
 t_1 — тривалість промивання (табл.7.2);
 t_2 — час простою в зв'язку з промиванням, год; приймається $t_2=0,33$ год.- для однопоточних,
 $t_2=0,5$ год.-для двохпоточних

Таблиця 7.2

Тип фільтру і завантаження	Потрібна величина відносно розширення завантаження, %	Інтенсивність промивання, л/с·м ²	Тривалість промивання, хвилини
Швидкі фільтри: $d_c=0,7-0,8$ мм	45	12-14	6-5
$d_c=0,9-1$ мм	30	14-16	6-5
$d_c=1-1,2$ мм	25	16-18	6-5
Швидкі фільтри з двошаровим завантаженням	50	13-15	7-6

Підбираємо типові фільтри.

Фільтр може мати розміри, кратні 1,5 м. Площа одного фільтру має бути не більше 120 м². Фільтри можуть бути: 4,5м×6м; 6м×6м; 6м×12м і т.п.

2. Кількість фільтрів на станції N :

$$N = \frac{F}{f}, \quad (7.2)$$

де f - площа одного фільтру

Визначимо швидкість фільтрування при нормальному режимі (1 фільтр у промиванні) - V_n і при форсова-

ному режимі , коли 2 фільтри не працюють (один у промиванні, другий в ремонті) - V_ϕ

3. Швидкість фільтрування при нормальному режимі, м/с:

$$V_n = \frac{Q}{24 f \cdot (N - 1)}, \quad (7.3)$$

4. Розрахункова швидкість фільтрування при форсованому режимі, м/с:

$$V_\phi = \frac{Q}{24 f \cdot (N - 2)}, \quad (7.4)$$

Розраховані швидкості не повинні перевищувати допустимі значення (табл.7.1)

Розрахунок розподільчої системи фільтра

5. Кількість промивної води, яка необхідна для промивки одного фільтра л/с:

$$q_{np} = f \cdot W, \quad (7.5)$$

де f – площа одного фільтру;

W – інтенсивність промивки.

Для рівномірного розподілу промивної води в нижній частині збірного каналу фільтра влаштовують глухий розподільчий канал прямокутного перерізу, до якого підводиться трубопровід промивної води.

Для видалення повітря з трубопроводу, що подає воду на промивання фільтрів, у підвищених місцях розподільчої системи передбачається установка стояків з автоматичним пристроєм для випуску повітря.

Збір і відведення забрудненої води при промиванні швидких фільтрів здійснюються за допомогою жолобів, розташованих над поверхнею фільтруючого завантаження.

При пропуску промивної води треба враховувати втрати напору, що складаються з таких величин:

- втрати напору в отворах труб розподільчої системи фільтра;
- втрати напору у фільтруючому шарі;
- втрати напору в гравійних підтримуючих шарах;
- втрати напору в трубопроводі, що подає промивну воду.

Діаметри трубопроводів, які підводять освітлювану і промивну воду і відводять прояснену і воду після промивання, можуть бути визначені згідно заданої витрати і швидкості руху води, що рекомендується.

6. Діаметр розподільчої системи, м:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\phi}}{V \cdot \pi}}, \quad (7.6)$$

де V – швидкість руху води в трубопроводі (1-1,2 м/с.);

Q_{ϕ} – витрата одного фільтру, м³/с.

7. Площа дна фільтра, що приходить на кожне відгалуження розподільчої системи при відстані між ними 0,25-0,35 м. та зовнішньому діаметрі колектора (до внутрішнього діаметру додати подвійну товщину труби), м²:

$$f_{\text{відг}} = \frac{B - D_3}{2} \cdot m, \quad (7.7)$$

де B – ширина фільтра, м;

D_3 – зовнішній діаметр колектора, м;

m – відстань між відгалуженнями, м;

8. Витрата промивної води, що надходить через одне відгалуження, л/с:

$$q_{\text{відг}} = f_{\text{відг}} \cdot W, \quad (7.8)$$

Нормальна швидкість води у відгалуженні 1,8-2 м/с. Діаметр труб відгалужень можна прийняти 100мм і перевірити швидкість.

9. Швидкість руху води у відгалуженні, м/с:

$$V = \sqrt{\frac{4q_{\text{відг}}}{\pi \cdot d_{\text{відг}}^2}}, \quad (7.9)$$

10. Загальна площа отворів по всім відгалуженням одного фільтра, м²:

$$\sum f_o = \frac{0,25f}{100}, \quad (7.10)$$

11. Кількість отворів на відгалуженнях в одному фільтрі, шт.:

$$n = \frac{\sum f_o}{f_o}, \quad (7.11)$$

де f_o – площа отвору, м² (діаметр отворів 10-12мм)

12. Відсоток води, який витрачається на промивку фільтрів:

$$P = \frac{q_{np} \cdot t_{np} \cdot N}{Q \cdot T}, \quad (7.12)$$

q_{np} – витрата промивної води на один фільтр, м³/год ($q_{np} = f \cdot W$) ;

N – кількість фільтрів;

Q – витрата станції (м³/год);

T – тривалість роботи фільтра між промивками (12 годин);

t_{np} – тривалість промивки, год. (табл. 7.2)

Завдання: Виконати розрахунок швидкого фільтра для станції продуктивністю Q , м³/добу (з попередньої практичної роботи).

Контрольні питання:

1. Як поділяють фільтри в залежності від швидкості фільтрування води?
2. Описати схему роботи відкритого швидкого фільтра.
3. Який матеріал використовують для завантаження фільтрів?
4. Якої фракції матеріал завантаження фільтру?
5. Якою може бути кількість фільтрів при розрахунках в залежності від продуктивності очисної станції?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
2. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання. – К., 2001. - 303 с.
3. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 56 с.
4. Найманов А.Я., Никиша С.Б., Насонкина Н.Г.и др. Водоснабжение. – Донецк, 2004. – 650 с.
5. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.: Кондор, 2003.– 288 с.
6. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982.
7. Андронов В.А., Буц Ю.В., Крайнюк О.В., Коврегін В.В. Екологія. Навч. посібник. / Х.:УЦЗУ, 2008. – 382 с.
8. Антіпов І.А., Кулешов М.М., Петухова О.А. Протипожежне водопостачання. Підручник / Харків, 2004. – 255 с.

Навчально-методичне видання
Водопостачання
Методичні вказівки до практичних робіт
Укладачі: Коввальчук Н.В., Руденко Т.В.

Тиражування на різнографі:
Здано в набір __.____. Підписано до друку __.____.14Формат 60x84 1/16.
Папір газетний. Умов. друк. арк. . Зам. _____. Тираж ____ прим.
РВЛ ЦНТУ. м. Кропивницький, пр. Університетський, 8.