

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-121М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни «**Інтенсифікація і реконструкція
систем водопостачання**» для здобувачів вищої освіти
другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Водопостачання та водовідведення»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання
Частина 2

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІБА
Протокол № 2 від 1.10.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інтенсифікація і реконструкція систем водопостачання» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання. Частина 2 [Електронне видання] / Шадура В.О. – Рівне : НУВГП, 2020. – 50 с.

Укладач: Шадура В. О., к.т.н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Бабич Є. М., д-р. техн. наук, професор.

© Шадура В. О., 2020
© НУВГП, 2020

Зміст

I ПРАКТИЧНІ РОБОТИ	4
Практична робота №5	4
5.1. Визначення робочих характеристик насосних агрегатів	4
5.2. Способи скорочення витрат електроенергії на насосних станціях	7
5.2.1 Обрізка робочого колеса насоса	7
5.2.2. Оперативне регулювання режимами насосних станцій.	8
5.2.3. Дроселювання напірною засувкою	10
5.2.4. Регулювання поворотом лопат насоса	11
5.2.5. Регулювання зміною частоти обертання насоса	12
Практична робота №6	14
6.1. Методи визначення внутрішньобудинкових втрат води	14
6.2. Визначення величини витоків води на підставі вимірів нічної витрати стічних вод	14
6.3. Визначення величини витоків води за допомогою водолічильників, що встановлені на вводах у будинок	17
6.4. Визначення величини витоків води вибірковими оглядами санітарно-технічних пристроїв та арматури у квартирах	18
Практична робота №7 Конструкції та розрахунок тонкошарових модулів	20
Практична робота №8 Розрахунок системи промивання фільтрувальної засипки при додатковій верхній промивці	29
Практична робота №9 Розрахунок розподільної системи швидких фільтрів при водоповітряній промивці	37
II САМОСТІЙНА РОБОТА	49
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА	50

І ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практичне заняття № 5.

Теоретична частина

Аналіз роботи насосних станцій і дослідження, які проводились на них, показують, що з плином часу робочі характеристики встановлених насосів змінюються. Зменшуються напори, які розвивають насоси, знижуються їх ККД, збільшується потужність на валу двигуна і, як наслідок, зростають енергозатрати. Для вивчення фактичного стану і режимів роботи насосних станцій дослідження проводять у такому порядку:

- уточнюють розташування насосних агрегатів, їх марки, стан арматури;
- вивчають режими роботи насосів: подача, напори на вході і виході насосів, графіки роботи, ступінь відкриття засувки;
- перевіряють відповідність фактичних напірних та енергетичних характеристик встановлених насосів паспортним;
- визначають причини неефективної роботи насосів.

5.1. Визначення робочих характеристик насосних агрегатів.

У місцях розташування резервуарів чистої води (РЧВ) визначають схеми їх комунікацій, графіки подачі й розбору та рівні води. В окремих випадках проводять гідравлічні випробування РЧВ на відповідність фактичних витоків води допустимим для них.

Для встановлення фактичних напірних та енергетичних характеристик насосів проводять їх випробування відповідно до ГОСТ 6134*. Відповідно до правил технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України [86] такі випробування потрібно проводити не рідше одного разу за два роки, а за потреби (різке зниження подачі чи напорів, збільшення витрат електроенергії, при проведенні реконструкції насосної станції чи СПРВ) і частіше.

У процесі випробувань визначають:
- частоту обертів (портативним тахометром);

- подачу насоса (стаціонарним, чи портативним ультразвуковим витратомірами);
- напори на вході і виході із насоса (мановакууметром та манометрами типу МО);
- температуру води (лабораторним термометром);
- споживану потужність електродвигуна насоса (стаціонарним ватметром);
- силу струму (стаціонарним амперметром) та напругу (стаціонарним вольтметром) - за відсутності стаціонарного ватметра.

Окремо для електродвигуна насоса із паспортних даних виписують його коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв}}$ та коефіцієнт потужності $\cos \varphi$.

Подачу води, а відповідно і навантаження на насосні агрегати, регулюють за допомогою засувки на напірних патрубках. Кількість вимірювань для встановлення характеристик одного насоса повинно бути не менше десяти. При цьому подачу насоса змінюють від від нуля до максимального значення, яке, як правило, перевищує номінальну величину подачі не менше ніж на 15%.

Напір насоса визначають за формулою

$$H_n = 0,102 \cdot \frac{P_{m2} - P_{m1}}{\rho} + 0,0827 \cdot Q_n^2 \cdot \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \Delta Z_m, \quad (5.1)$$

де Q_n – подача насоса, м³/с;

P_{m1} і P_{m2} – покази манометрів, відповідно на всмоктувальному і напірному патрубках насоса, Па;

ρ - питома маса води (приймалась рівною 999,7...999,0 кг/м³ при температурі води $t^\circ = 10...15$ °С [24, додаток 3]);

d_1 і d_2 – внутрішні діаметри труб у місцях вимірювання напорів відповідно на всмоктувальному і напірному патрубках, м;

ΔZ_m - відстань по вертикалі між позначками центрів приладів вимірювання напорів на напірному і всмоктувальному патрубках, м.

Потужність, Вт, що споживає електродвигун насоса, визначають за показами амперметра та вольтметра і розраховують за формулою

$$N_{дв} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (5.2)$$

де, U і I – напруга, В, і сила струму, А, що підводяться до електродвигуна.

Потужність, кВт, на валу насоса приймають рівною

$$N_n = N_{дв} \cdot \eta_{дв}, \quad (5.3)$$

а ККД, %, насоса розраховують за формулою

$$\eta_n = 0,981 \cdot \frac{\rho \cdot Q_n \cdot H_n}{N_n}. \quad (5.4)$$

Отриманні в результаті проведених випробувань значення параметрів насоса зводять до номінальної частоти обертів $n_{нн}$ за формулами

- подача
$$Q = Q_n \cdot \frac{n_{нн}}{n_n}, \quad (5.5)$$

- напір
$$H = H_n \cdot \left(\frac{n_{нн}}{n_n} \right)^2, \quad (5.6)$$

- потужність
$$N = N_n \cdot \left(\frac{n_{нн}}{n_n} \right)^3, \quad (5.7)$$

-ККД насоса
$$\eta = \eta_n. \quad (5.8)$$

При значних відхиленнях фактичних характеристик від паспортних додатково вимірюють діаметри робочих коліс і визначають їх реальний технічний стан. Для цього насоси демонтують і, за необхідності, проводять їх капітальні ремонти, після чого вони заново підлягають новим випробуванням.

5.2. Способи скорочення витрат електроенергії на насосних станціях

Витрати енергії в СПРВ визначаються споживанням електроенергії в насосних станціях, що залежать не тільки від насосів, але й від системи подачі води. При зменшенні опору водоводів і мереж знижується необхідний напір насосів і кількість споживаної енергії.

Основні шляхи скорочення витрат енергії в насосних станціях наступні:

1. Обточування (обрізка) робочих коліс насосів.
2. Заміна насосів на більш досконалі конструкції – з більш високими ККД або з більш підходящими робочими характеристиками.
3. Використання більш широкого набору насосів, що дозволяє працювати в зоні високих ККД при будь-яких режимах водоспоживання.
4. Регулювання роботи насосів.
5. Раціональне управління роботою насосів.

5.2.1 Обрізка робочого колеса насоса

Доцільна в тих випадках, коли більшу частину часу насос створює надлишковий напір. Необхідний діаметр колеса розраховують за формулою

$$D_1 = D_{ном} \sqrt{\frac{H_1}{H_{ном}}}, \quad (5.9)$$

де D_1 і $D_{ном}$ - необхідний й паспортний (номінальний) діаметри робочого колеса; H_1 і $H_{ном}$ – відповідні напори насосів.

Допустима обрізка коліс (див. табл. 5.1) обмежується залежно від коефіцієнта швидкохідності насосу –

$$n_s = 3.65 \frac{n\sqrt{q}}{H^{0.75}}, \quad (5.10)$$

де n – число обертів, об/хв; q – подача, м³/с; H – напір, м.

Таблиця 5.1 Допустимий ступінь обрізки робочих коліс

Діапазон n_s	Ступінь обрізки колеса, %
60-120	20-15
120-200	15-11
200-300	11-7

Коефіцієнт корисної дії насосу при обрізці колеса зменшується відповідно до формули Муди [1]:

$$\eta_{cep} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{cep}} \right)^{0.25}, \quad (5.11)$$

Де η_{cep} і η - ККД насосу при обрізаному (D_{cep}) і номінальному (D) діаметрах коліс. Однак це зменшення дуже невелике – приблизно 1% на кожні 10% зрізки колеса при $n_s = 60 \dots 200$ і 1% на кожні 4% при $n_s = 200 \dots 300$.

Якщо на насосній станції встановлено кілька однотипних насосів, то обрізку варто проводити не на всіх насосах, а на 1 – 2 [2]. Це дозволяє регулювати напір насосів, варіюючи склад працюючих насосів.

Заміна насосів звичайно вимагає значних капіталовкладень, тому тут потрібне техніко-економічне обґрунтування.

5.2.2. Оперативне регулювання режимами насосних станцій.

Насоси є основними споживачами електричної енергії в підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства. Так, за даними 1997 р. витрати на оплату електричної енергії в Одеському Водоканалі становили приблизно 57 % експлуатаційних витрат по водопостачанню.

Одним зі способів зниження енерговитрат є регулювання роботи насосів. Необхідність регулювання виникає в тих випадках, коли напір, створюваний насосом, більше напору, потрібного споживачеві. Розглянемо роботу насосу на водопровідну мережу (рис.5.1).

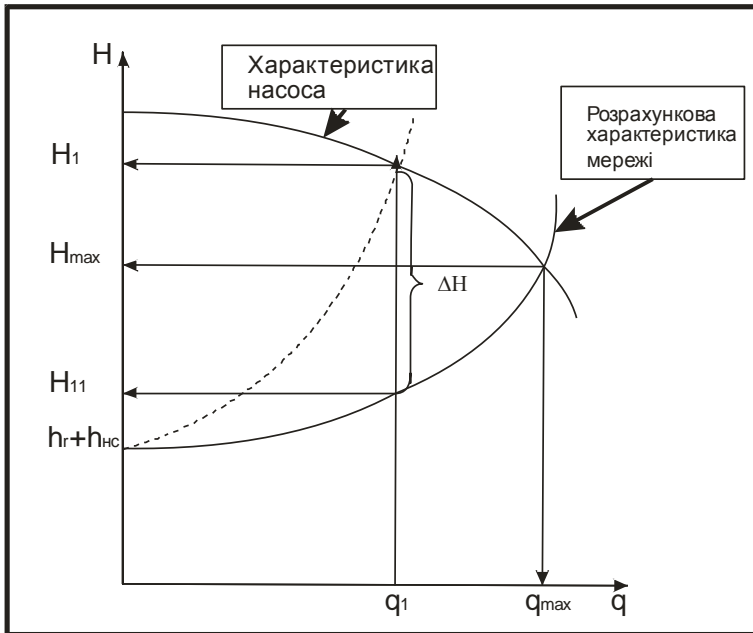


Рис 5.1. Сумісна характеристика насосів і мережі

Припустимо, насос підбраний на режим максимального водоспоживання. При цьому підбір ідеальний - точка перетинання характеристик насоса й мережі точно відповідає потрібним параметрам ($q=q_{\max}$, $H=H_{\max}$).

Розглянемо роботу системи «насос - мережа» при витраті $q_1 < q_{\max}$. Зниження подачі відбудеться за рахунок збільшення опору мережі (споживач прикриє частину кранів), характеристика мережі стане більш крутою (пунктир на рис. 5.1). Напір насоса при цьому стане рівним H_1 . Однак, як видно з рисунка 5.1, мережа може пропустити потрібну витрату при напорі H_{11} .

Таким чином, насос буде створювати надлишковий папір

$$\Delta H = H_1 - H_{11},$$

а надлишкова споживана потужність -

$$\Delta N = q_1 \Delta H / 102 \eta_a$$

де η_a - коефіцієнт корисної дії агрегату (насос і електродвигун), рівний добутку ККД насоса й двигуна

$$\eta_a = \eta_n \eta_d$$

Одночасно, у цьому випадку на величину ΔH зростає напір у мережі, що призводить до збільшення витрати (це і витоки і нераціональне використання води споживачем). Звідси виникає доцільність регулювання насосів.

Нижче розглянуті деякі способи регулювання роботи насосів.

5.2.3. Дроселювання напірною засувкою

Тут подачу насоса знижують, прикриваючи засувку на напірному патрубку, збільшуючи втрати напору в ній на величину ΔH . В принципі подача насоса може бути зменшена, якщо прикривати засувку на всмоктувальному патрубку, однак при цьому зростає небезпека кавітації. Тому цей спосіб регулювання заборонений правилами технічної експлуатації [48].

Характеристика системи «насос + засувка» побудована шляхом віднімання втрат напору в засувці від характеристики насоса. У цьому випадку споживана насосом потужність мало зміниться в порівнянні з відсутністю регулювання (рис. 5.2).

Невелике зниження втрат енергії буде за рахунок зменшення надлишкових напорів у мережі й пов'язаним з ними зниженням втрат води. Разом з тим, якщо дроселювання засувкою технічно припустимо, а інших способів регулювання насосів немає, то таке регулювання вважається доцільним.

До переваг цього методу варто віднести:

1. Простота реалізації.
 2. Не потрібні додаткові капіталовкладення.
 3. Скорочення напорів у мережі.
 4. Зменшення числа аварій на мережі через зменшення тиску.
 5. Зниження втрат води. Недоліки методу:
 1. Перевитрата енергії.
 2. Сильне прикриття може привести до виходу засувок з ладу.
- Регулювання перепуском води й впуском повітря

Метод полягає в перепуску частини рідини, що подається насосом, з напірного патрубку у всмоктувальний трубопровід по обвідній лінії, на якій встановлена засувка для регулювання роботи установки (рис. 6.3) [49].

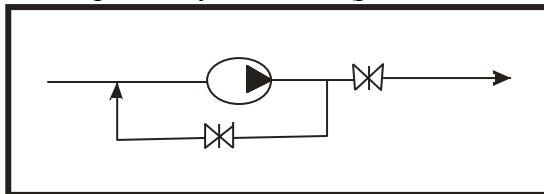


Рис. 5.2. Схема регулювання насосів перепуском води

Метод застосовують в осьових насосах, в яких потужність зі збільшенням подачі зменшується. Перепуск рідини у всмоктувальний трубопровід поліпшує кавітаційні характеристики насосів, однак тут ускладнюється схема насосної установки й, що саме головне, знижується ККД насосної установки [1,2]. Тому цей метод практично не застосовується в насосних станціях підприємств ВКГ.

Впуск повітря у всмоктувальний трубопровід - більш економічний метод, ніж дроселювання [2], однак глибина регулювання тут обмежена через можливі різкі погіршення кавітаційних характеристик насоса. Крім того, в системах водопостачання не можна подавати в мережу воду з великою кількістю повітря.

5.2.4. Регулювання поворотом лопат насоса

Цей метод застосовується в середніх та крупних поворотно-лопатевих осьових насосах (наприклад, насоси типу ОП [2]).

ККД насоса при повороті лопат змінюється незначно, тому цей спосіб регулювання більш економічний ніж регулювання дроселюванням.

Осьові насоси застосовують на теплових електростанціях (у якості циркуляційних), у шлюзових установках в іригації, а також на станціях першого підйому систем водопостачання та у каналізаційних насосних станціях.

5.2.5. Регулювання зміною частоти обертання насоса

При зміні частоти обертання насоса характеристика насоса переміщається як би паралельно собі (рис. 5.3). Цей спосіб регулювання є найбільш економічним [1,2] і останнім часом усе ширше впроваджується в практику.

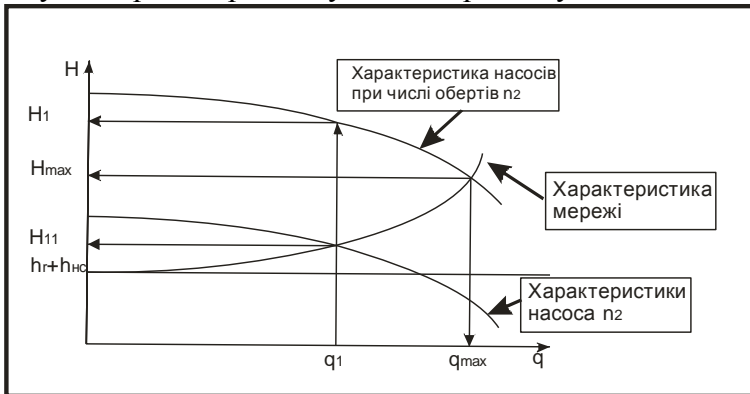


Рис.5.3. Регулювання насоса зміною числа обертів

Зв'язок параметрів насоса із числом його обертів описується формулами:

Зміна частоти обертання насоса може бути реалізована такими способами:

І. Використанням двигунів зі змінною частотою обертання -

- * електродвигуни постійного струму,
- * електродвигуни змінного струму з перемиканням обмотки на різне число пар полюсів,
- * колекторні електродвигуни,
- * парові й газові турбіни,
- * двигуни внутрішнього згорання.

2. Застосуванням гідромумфи або електромагнітної мумфи ковзання.

3. Зміною частоти струму.

У насосних станціях підприємств ВКГ найбільше застосування одержали короткозамкнені асинхронні двигуни змінного струму, що не допускають зміни частоти обертання.

Гідромуфти конструктивно складні, вимагають збільшення габаритів насосної станції і є джерелами втрат енергії, що зростають зі збільшенням глибини регулювання.

Електромагнітні муфти ковзання один час вважалися досить перспективними [2]. Однак, останнім часом найбільше поширення одержали частотні перетворювачі струму для регулювання роботи насосів.

За даними фірми "Wilo", що є одним з лідерів на світовому ринку насосів, у практиці західноєвропейських країн сьогодні безумовна перевага віддається принципу управління числом обертів двигуна насоса в порівнянні з дросельним або рециркуляційним рішеннями. Висока ефективність і простота застосування цього принципу привели до його швидкого успіху. Альтернативні способи - двигуни постійного струму, в'язке зчеплення (гідромуфти) та ін. застосовуються винятково в нестандартних і спеціальних випадках.

Необхідно відмітити, що зменшення числа обертів насоса допускається до 40 % від номінального, оскільки при дуже малому числі обертів двигун може недостатньо прохолоджуватися. Напір при цьому знижується приблизно на 80%.

Практичне №6

Теоретична частина

6.1. Методи визначення внутрішньобудинкових втрат води

Для організації проведення водозберігаючих заходів та оцінки їх ефективності велике значення має визначення величини внутрішньобудинкових втрат води.

Інструкцією з визначення величини витоків питної води у житлових будинках та стимулюванню роботи з їх усунення /10/ рекомендуються (як найбільш доступні) такі методи визначення величини втрат води у будинку:

по замірах нічної витрати стічних вод на каналізаційних випусках;

за допомогою водолічильників, що встановлені на вводі в будинок;

шляхом контрольних вибіркового оглядів санітарно-технічних пристроїв та арматури у квартирах.

Перший та другий методи дозволяють визначити рівень витоків води у будинку без оцінки розмірів втрат води у кожній квартирі. Якщо в нічні години вода не подається, застосування цих методів неможливе.

Третій метод дозволяє не тільки розрахувати виток у цілому по будинку, але й визначити величину витоків у кожній з обстежених квартир.

За відсутності водолічильників на вводах у будинки, при встановленні водолічильників завищених калібрів та їх незадовільної експлуатації рекомендується використовувати третій метод визначення величини витоків.

6.2. Визначення величини витоків води на підставі вимірів нічної витрати стічних вод

Заміри нічної витрати стічних вод на випусках з житлового будинку виконують у найближчих до будинку дворових каналізаційних колодязях в період з 1.00 до 5.00 годин ночі.

Заміри виконують за допомогою дерев'яної рейки перерізом 30x30 мм, на кінці якої нанесені сантиметрові позначки.

Рейку опускають у лоток будинкового колодязя перпендикулярно вісі потоку, піднімають і по висоті змочування рейки водою визначають глибину потоку стічних вод у сантиметрах. Такі заміри виконують 2-3 рази в період з 1.00 до 5.00 та визначають середню арифметичну величину глибини потоку.

У табл.6.1. наведено залежність витрати води від глибини потоку (лоток колодязя стандартний напівкруглий, діаметром 150 мм).

Добову витрату води у будинку ($Q_{\text{доб.}}$), м³/доб, визначають за різницею показань водолічильників (за добу) або розраховують за нормою водоспоживання по формулі:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{q_{\text{пит.}} \cdot N}{1000} \quad (6.1)$$

де : $q_{\text{пит.}}$ - норма питомого водоспоживання холодної та гарячої води, яка встановлюється місцевими органами влади, в залежності від ступеня благоустрою та поверховості житлового будинку, л/добу.люд.;

N - кількість мешканців будинку.

Таблиця 6.1

Визначення витрати води по глибині потоку

Глибина потоку, см	Нічна витрата, м ³ /год
0,5	0,35
1,0	0,7
1,5	0,9
2	2,1
3	3,6
4	6,5
6	10
6	15
7	20

Визначають корисну годинну нічну (в період з 1.00 до 5.00) витрату води у будинку за формулою, м³/доб:

$$Q_{\text{корю год}} = \frac{0,2 \cdot N}{1000} \quad (6.2)$$

де: 0,2 л/год. люд. - питома нічна годинна корисна витрата води (встановлена ЦНДІЕП інженерного обладнання житлових будинків та є загальноприйнятою).

Визначають абсолютну величину витоків у будинку $q_{\text{вит}}$ за формулою, м³/доб:

$$q_{\text{вит}} = 21(Q_{\text{н}} - Q_{\text{кор.год}}) \quad (6.3)$$

де: 21 - число годин наявності витоків на добу, окрім трьох годин максимального водоспоживання, протягом яких витокami нехтують. У разі подачі води за графіком, але без перерв у нічні години, замість цифри 21 до цієї формули необхідно ставити фактичне число годин подачі води на добу.

$Q_{\text{н}}$ – визначають за таблицею 6.1.

Відносну величину витоків ($Q_{\text{вит.}}$) у відсотках від загального добового споживання води у будинку визначають за формулою:

$$Q_{\text{вит}} = \frac{q_{\text{вит.}}}{Q_{\text{доб}}} \cdot 100\% \quad (6.4)$$

де: $Q_{\text{доб}}$ – визначають за показаннями водо лічильника або розраховують згідно з встановленими нормами водоспоживання.

Приклад 1.

Розрахувати абсолютну та відносну величини витоків води у ,9-ти поверховому будинку вищого ступеня благоустрою, в якому проживає 500 мешканців. Водопостачання безперебійне. Середня (за 4 нічні години) глибина потоку в лотку каналізаційного колодязя будинку -3 см. Водолічильник несправний.

По табл. 6.1 визначають середню годинну нічну витрату води в будинку.

$$Q_n = 3,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розраховують абсолютну величину витоків:

$$q_{\text{вит}} = 21 \left(3,6 - \frac{0,2 \cdot 500}{1000} \right) = 73,5 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Визначають загальну добову витрату холодної та гарячої води в будинках за нормами, що встановлені міським органом влади, для будинків вищого ступеня благоустрою ($q_{\text{вит.}} = 300 \text{ л/доб. Чол.}$)

$$Q_{\text{вит}} = \frac{300 \cdot 500}{1000} = 150 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Відносні величини витоків визначаються за формулою:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{q_{\text{вит.}}}{Q_{\text{доб.}}} \cdot 100\% = \frac{73,5}{150} \cdot 100\% = 49\%$$

6.3. Визначення величини витоків води за допомогою водолічильників, що встановлені на вводах у будинок

Перед проведенням замірів слід упевнитись у справності та відповідності калібру водолічильника, встановленого на вводі в будинок, загальній витраті води.

Справним слід вважати водолічильник, показання якого змінюються, а стрілка найбільш чутливої шкали рухається. На водолічильнику має бути штамп із датою перевірки, після якої пройшло не більш двох років.

Для проведення замірів витоків (за бажанням Водоканалу) може бути встановлений контрольний водолічильник з покращеними метрологічними характеристиками.

Для визначення величини витоків необхідно зняти показання водолічильників у 1.00 та у 5.00 і мати відомості про витрату води за показаннями цього ж водолічильника за останній місяць. Якщо таких даних немає, то необхідно зняти показання водолічильника в один і той самий час через 1-2 доби (наприклад, о 10.00 сьогодні та на наступний день о 10.00). Показання водолічильників заносять у табл.5.

Для одержання більш достовірних результатів рекомендується використовувати сучасні прилади обліку типу ВСКМ та СТВ, котрі серійно випускаються вітчизняною промисловістю.

6.4. Визначення величини витоків води вибірковими оглядами санітарно-технічних пристроїв та арматури у квартирах

Для проведення обстеження утворюється комісія у складі трьох працівників (представника Водоканалу, ЖЕО та слюсаря-сантехніка, що обслуговує даний будинок).

Комісії рекомендується обстежити не менш 20% квартир у кожному будинку та не менш 10% будинків у кожному районі (житловому масиві).

За результатами обстеження складають акт (форма, наводиться нижче), в якому фіксують витoki зі змивних бачків та змішувачів (кранів) двох категорій (малі та великі).

$$S_{\kappa} = 5 \dots 15 \text{ (с/м}^3\text{)}^2$$
$$S_{\phi} = 60 \dots 100 \text{ (с/м}^3\text{)}^2$$

Малими витокami вважають витoki краплями, великими-суцільним струменем або потоком.

В акті, за узгодженням сторін, відбивають також причини витоків, можливості їх усунення шляхом підвищення якості профілактичного обслуговування. Відзначають витoki, що не можуть бути усунені без заміни обладнання, наприклад, витoki з високо розташованих бачків.

Наявність витоків фіксують у акті при огляді санітарно-технічних приладів та арматури. До фіксації витоків відкриття та регулювання змивного бачка не припустимі. Це повинен зробити слюсар-сантехнік після фіксації витоків у акті.

При витоках із змішувачів та кранів, коли при легкому (двома пальцями) закручуванні маховичка витoki припиняються, їх вважають з провини мешканця та у кількість несправної арматури не включають, проте в обсяг витоків зараховують. Витоками з провини мешканця вважають і незакриті крани у ванній або кухні на момент роботи комісії.

Витоки з провини мешканця свідчать про недостатню роз'яснювально-виховну роботу житлових організацій серед населення щодо збереження води.

Акт обстеження складають у двох примірниках під час обходу квартир. Після обстеження будинку акт підписують усі члени комісії.

Практична робота №7

Конструкції та розрахунок тонкошарових модулів Теоретична частина

Відстійники застосовують для осадження грубодисперсної зависі та великих пластівців за рахунок сили тяжіння. Ефективність їх дії залежить від часу осадження часток (див. таблицю 7.1).

Таблиця 7.1. Орієнтовний час осадження часток в стоячій воді

d часток, мм	1	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
Час осадження на глибину 1 м	10 с	2 хв	2год	7 діб	2роки	200 років

Одним з видів відстійників є тонкошарові, в яких забезпечується зменшення довжини шляху осадження (і відповідно часу осадження часток) за рахунок малої висоти осадження.

Є самостійні варіанти тонкошарових відстійників (наприклад тонкошаровий водозабір-прояснювач конструкції АзНИИВП). Але частіше тонкошарові відстійники влаштовують у вигляді модулів (блоків) як додатковий конструктивний елемент інших водопровідних споруд (горизонтальні та вертикальні відстійники, прояснювачі із завислим осадом, установки «Струя»). У цих спорудах процес прояснення інтенсифікується шляхом накладання дії тонкошарових відстійників на їхню власну дію.

Тонкошарові модулі являють собою тонкошарові елементи (пластинки або трубки) значної кількості з жорстких матеріалів або м'яких чи напівжорстких полімерних плівок, які встановлені під певним кутом ($45...60^\circ$) до горизонталі і з'єднані у сотову конструкцію (рис.7.1).

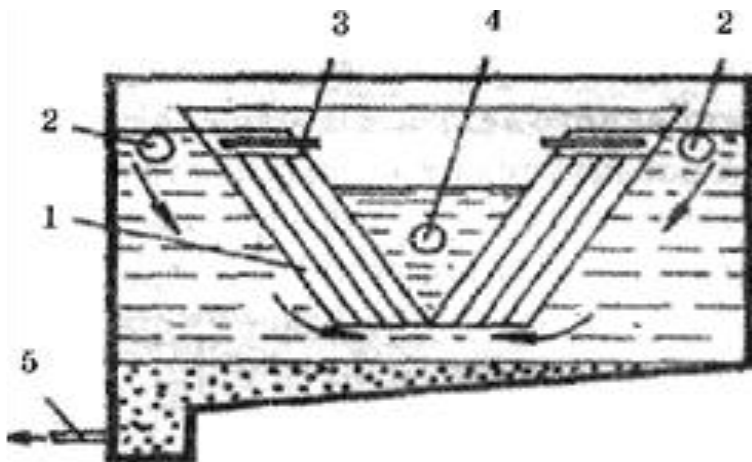


Рис. 7.1. Встановлення тонкошарового модуля в горизонтальний відстійник: 1 – пакет нахилених пластин; 2 – перфорований впускний колектор; 3 – труби відводу проясненої води; 4 – відвідний колектор; 5 – мулопровід

В таблиці 7.2 наведені пропозиції науково-дослідних організацій щодо конструкцій тонкошарових елементів.

Таблиця 7.2. Конструкції тонкошарових елементів

Організація	Рекомендації
НИИ КВОВ АКХ им. К.В.Памфилова	Пластинки з напівжорсткого ПВХ, з'єднані у V-подібну обойму: товщина пластинки $t = 0,4 \dots 0,5$ мм; висота каналу (зазору) $H = 50 \dots 70$ мм; ширина каналу $B = 100$ мм; довжина каналу $L = 600 \dots 1200$ мм
ВНИИ ВОДГЕО	Поліетиленова плівка $t = 0,2$ мм (плівка з ПВХ $t = 0,5$ мм), оформлені у вигляді сотів-блоків, які можна закріплювати по різних конструктивних схемах; Віконне скло $t = 4$ мм

Шляхи інтенсифікації роботи тонкошарових модулів:

- забезпеченням рівномірного надходження води у базову ємкість (наприклад у горизонтальний відстійник);
- забезпеченням рівномірного збирання води з верхньої частини тонкошарового модуля;
- підвищенням ступеня очищення води.

а) Забезпечення рівномірного надходження води у базову ємкість досягається:

- влаштуванням розподільних перфорованих труб з малими отворами знизу труби (швидкість в трубі $V_{тр} \geq V_{замулююча}$; напір в трубі визначається глибиною їх прокладання; втрати напору в трубі між першим і останнім отвором повинні бути менші за втрати напору у отворах ($h_{отв} = 0,1 \dots 1$ м; $V_{отв} = \varphi \sqrt{2gh_{отв}}$ м/с));

- створенням витоку з цих труб з-під гравійної обсіпки;
- гашенням турбулентного потоку щитами-гасниками з напівтруб, встановленими вище розподільних перфорованих труб на відстані $\approx 2 d_{тр}$.

б) Забезпечення рівномірного збирання води з верхньої частини тонкошарового модуля досягається:

- збиранням води бічними жолобами з трикутними затопленими водозливами або бічними щілинами;
- збільшенням висоти шару проясненої води;
- влаштуванням на вході в збірні системи додаткового

опору

(сітки або гравійної обсіпки).

в) Підвищення ступеня очищення води досягається:

- допроясненням нижньої (найбільш забрудненої частини потоку, для чого в кінці каналу потік ділять перегородкою, розшаровуючи верхню і нижню частини потоку (верхня

іде

до збірної частини, а нижня – на повторне прояснення);

- ретельними видаленням повітря з води;
- своєчасним видаленням осаду з нижньої частини.

Схеми встановлення тонкошарових модулів в спорудах попереднього очищення води (за пропозиціями НІИ КВОВ АКХ ім. К.В.Памфілова) наведені на рис.7.2.

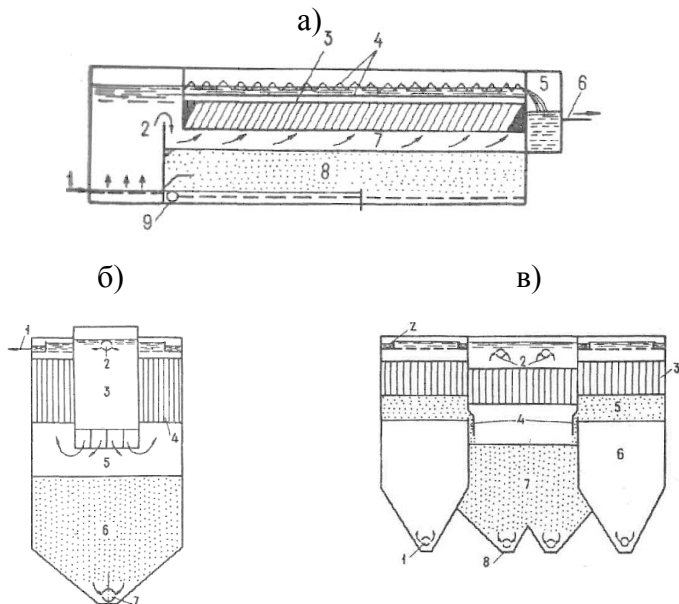


Рис.7.2. Споруди попереднього ступеню очищення води із вбудованими тонкошаровими модулями: а) ГВ: 1-подача вихідної води; 2-камера утворення пластівців; 3-тонкошарові модулі; 4-збірні жолоби; 5-збірний карман; 6-відведення проясненої води; 7-зона розподілу води; 8-зона накопичення осаду; 9-видалення осаду; б) ВВ: 1-відведення проясненої води; 2-подача вихідної води; 3-камера утворення пластівців; 4-тонкошарові модулі; 5-зона розподілу води; 6-зона накопичення осаду; 7-видалення осаду; в) ПЗО: 1-подача вихідної води; 2-відведення проясненої води; 3-тонкошарові модулі; 4-вікна для відведення осаду; 5-зона сповзання осаду; 6-зона завислого осаду; 7-зона накопичення осаду; 8-видалення осаду

Принцип роботи споруди, наведеної на рис. 7.3, а наступний: оброблена реагентами вихідна вода надходить у вбудовану камеру утворення пластівців (будь-якого типу). З камери потік води рухається горизонтально під блоками, піднімається знизу догори, проходить між тонкошаровими елементами і надходить у розташовані вище них збірну систему і карман. Затримана тонкошаровими елементами завись сповзає у зону накопичення осаду. Потім системою видалення осаду ущільнений осад видалається з горизонтального відстійника.

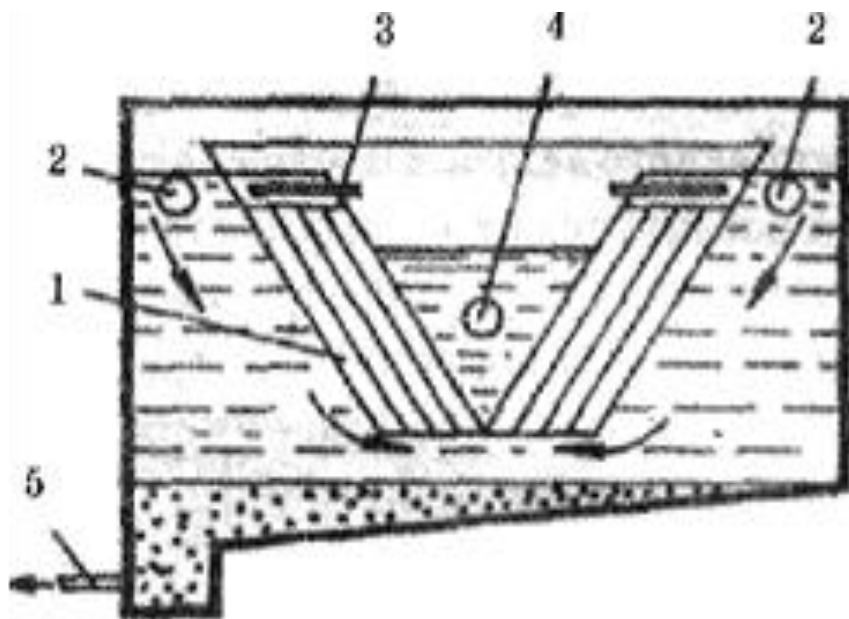


Рис.7.3.Встановлення тонкошарового модуля в горизонтальний відстійник: 1 – пакет нахилених пластин; 2 – перфорований впускний колектор; 3 – труби відводу проясненої води; 4 – відвідний колектор; 5 – мулопровід

Приклад розрахунків
Розрахункова схема:

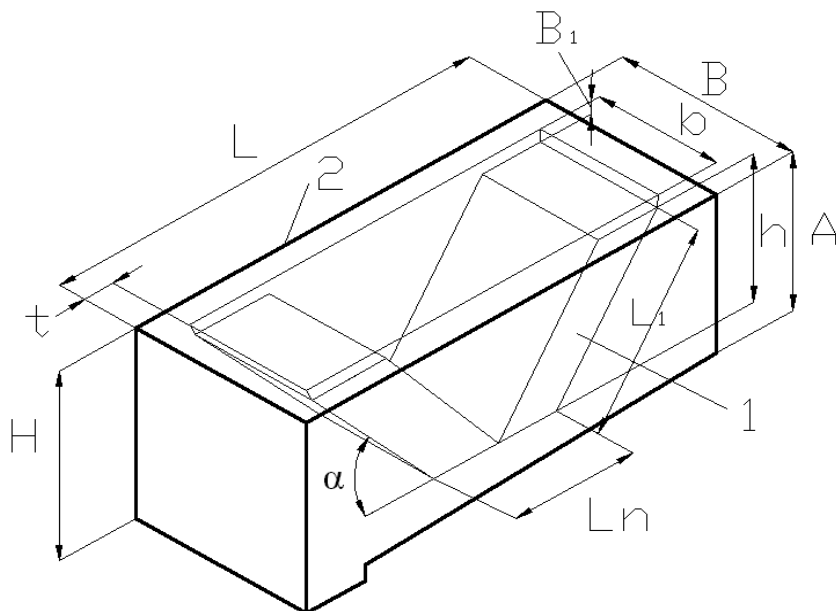


Рис.7.4. Схема до розрахунку тонкошарового модуля: 1 – пакет нахилених пластин; 2 – горизонтальний відстійник

Вихідні дані:

• При реконструкції у горизонтальний відстійник (ГВ) передбачено вбудувати тонкошаровий модуль (ТШМ);

а) Дані по ГВ:

- Довжина ГВ $L = 18$ м;
- Ширина ГВ $B = 2$ м;
- Висота проточної частини ГВ $h = 1,5$ м;
- Поздовжній ухил дна ГВ $i = 0,1$;
- Повна висота в кінці ГВ $H = 2$ м;
- Каламутність вихідної води $M_{вих} = 160$ мг/дм³;

• Ефект прояснення води $E = 95\%$ при затриманні часток з гідравлічною крупністю $U = 0,5$ мм/с;

б) Дані по ТШМ:

• Складається з двох пакетів похилих пластин зі скла, з'єднаних у V-подібну обойму з кутом нахилу $\alpha = 60^\circ$;

• Товщина пластини $t_c = 0,004$ м;

• Відстань між пластинами $t_k = 0,04$ м;

• Ширина пакета $b = 0,8$ м;

• Повна висота пакета з урахуванням розміщення у верхній частині трубопроводу для відведення проясненої води $A =$ висоті проточної частини ГВ $h = 1,5$ м.

Завдання:

Визначити необхідні параметри ТШМ для його встановлення в ГВ та оцінити ефективність роботи ТШМ.

Розрахункові формули:

1. Площа перетину проточної частини ГВ, м²

$$F = Bh; \quad (7.1)$$

2. Можливе навантаження на ГВ, м³/год

$$Q_{гв} = 3600 F V_{сер}, \quad (7.2)$$

де $V_{сер}$ – швидкість горизонтальної течії у ГВ ($V_{сер} = 4$ мм/с при $E = 95\%$);

3. Довжина ГВ по низу, зайнята пакетами ТШМ, м

$$L_n = 2 (L / 2 - (h / \operatorname{tg} \alpha) - t), \quad (7.3)$$

де t – монтажний зазор між пакетом і торцем стінки ГВ ($t = 0,2$ м);

4. Довжина пластини, м

$$L_1 = (h - B_1) / \cos (90^\circ - \alpha), \quad (7.4)$$

де B_1 – відстань між верхом пакета і верхньою крайкою похилих пластин ($B_1 = 0,5$ м);

5. Кількість комірок (каналів) у двох пакетах

$$n = L_n / (t_c + t_k); \quad (7.5)$$

6. Тривалість відстоювання, с

$$T = 1000 t_k / \sin (90^\circ - \alpha) U; \quad (7.6)$$

7. Максимальна швидкість сходячого потоку між пластинами, м/с

$$V_{\max} = L_1 / T; \quad (7.7)$$

8. Можливе навантаження на на ТШМ, м³/год

$$Q_{\text{тим}} = \left(\frac{3600 v_{\max}}{c} \right) nbt, \quad (7.8)$$

де c – коефіцієнт, рівний 1,5...2,5.

Рішення:

1) За формулою (7.1) площа перетину проточної частини ГВ

$$F = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ м}^2;$$

2) За формулою (7.2) можливе навантаження на ГВ

$$Q_{\text{зв}} = 3600 \cdot 3 \cdot 0,004 = 43 \text{ м}^3/\text{год};$$

3) За формулою (7.3) довжина ГВ по низу, зайнята пакетами ТШМ

$$L_n = 2 (18/2 - (1,5/1,73) - 0,2) = 15,85 \text{ м};$$

4) За формулою (7.4) довжина пластини

$$L_1 = (1,5 - 0,5) / 0,87 = 1,14 \text{ м};$$

5) За формулою (7.5) кількість комірок (каналів) у двох пакетах

$$n = 15,85 / (0,004 + 0,04) = 360 \text{ шт.};$$

6) За формулою (7.6) тривалість відстоювання

$$T = 1000 \cdot 0,04 / 0,5 \cdot 0,5 = 160 \text{ с};$$

7) За формулою (7.7) максимальна швидкість сходячого потоку між пластинами

$$V_{\max} = 1,14 / 160 = 0,00715 \text{ м/с};$$

8) За формулою (7.8) можливе навантаження на на ТШМ

$$Q_{\text{тим}} = (3600 \cdot 0,00715 / 2) 360 \cdot 0,8 \cdot 0,04 = 148 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Таким чином, порівнюючи значення $Q_{\text{тим}}$ та $Q_{\text{зв}}$, можна зробити висновок, що встановлення тонкошарового модуля у горизонтальний відстійник при реконструкції дозволяє збільшити попередню продуктивність більш ніж в 3 рази.

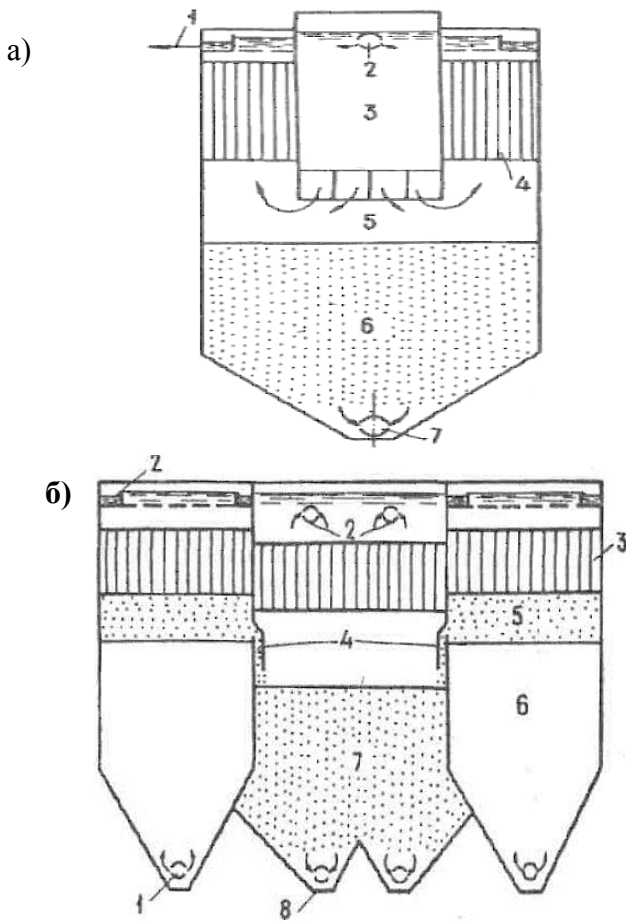


Рис.7.5.Встановлення тонкошарового модуля у вертикальний відстійник(ВВ) та у прояснювач із шаром завислого осаду (ПЗО).

а) ВВ: 1-відведення проясненої води; 2-подача вихідної води; 3-камера утворення пластівців; 4-тонкошарові модулі; 5-зона розподілу води; 6-зона накопичення осаду; 7-видалення осаду; б) ПЗО: 1-подача вихідної води; 2-відведення проясненої води; 3-тонкошарові модулі; 4-вікна для відведення осаду; 5-зона сповзання осаду; 6-зона завислого осаду; 7-зона накопичення осаду; 8-видалення осаду

Практична робота №8
Розрахунок системи промивання фільтрувальної
засипки при додатковій верхній промивці
Теоретична частина

При виникненні грязьових грудок у верхніх шарах фільтрувальної засипки фільтрів або при можливому змищенні підтримуючих шарів при звичайній промивці фільтрів доцільним є проведення додаткової верхньої промивки затопленими струменями (рис. 8.1).

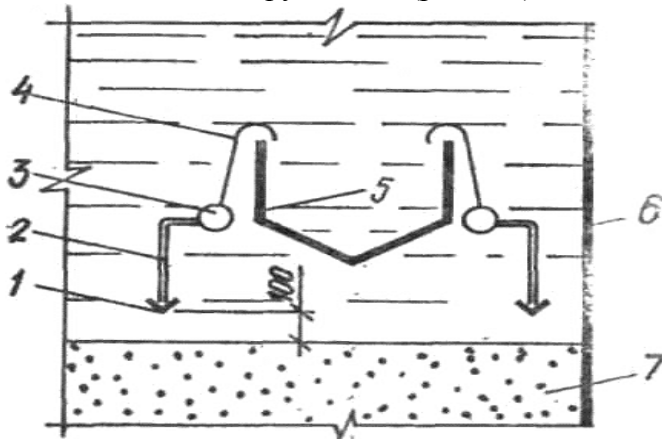


Рис.8.1. Станіонарна система для додаткової верхньої промивки: 1 – ковпачок; 2 – ніпель; 3 – розподільна труба; 4 – підвіски до жолобів; 5 – жолоб; 6 – стінки фільтра; 7 – фільтрувальна засипка

Параметри промивки: інтенсивність $\omega = 3 \dots 4 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$; напір $H = 30 \dots 40 \text{ м}$.

Режим промивки:

1. Верхня промивка, тривалість $t = 2 \dots 3 \text{ хв}$;
2. Верхня промивка + нижня промивка (послаблена), $t = 2 \dots 3 \text{ хв}$;
3. — " — (підсилена), $t = 1 \dots 2 \text{ хв}$;
4. Нижня промивка, $t = 0,5 \text{ хв}$.

Конструкція промивної системи для проведення додаткової верхньої промивки наведена на рис. 8.2

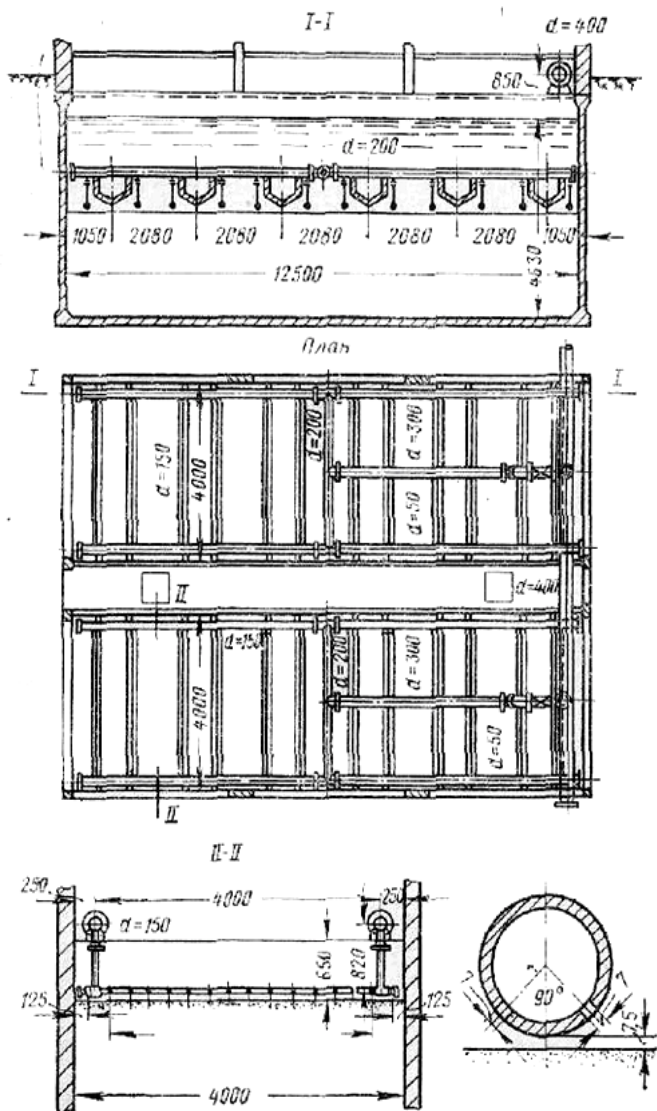


Рис.8.2. Конструкція промивної системи для проведення додаткової верхньої промивки

Приклад розрахунків
 Розрахункова схема:

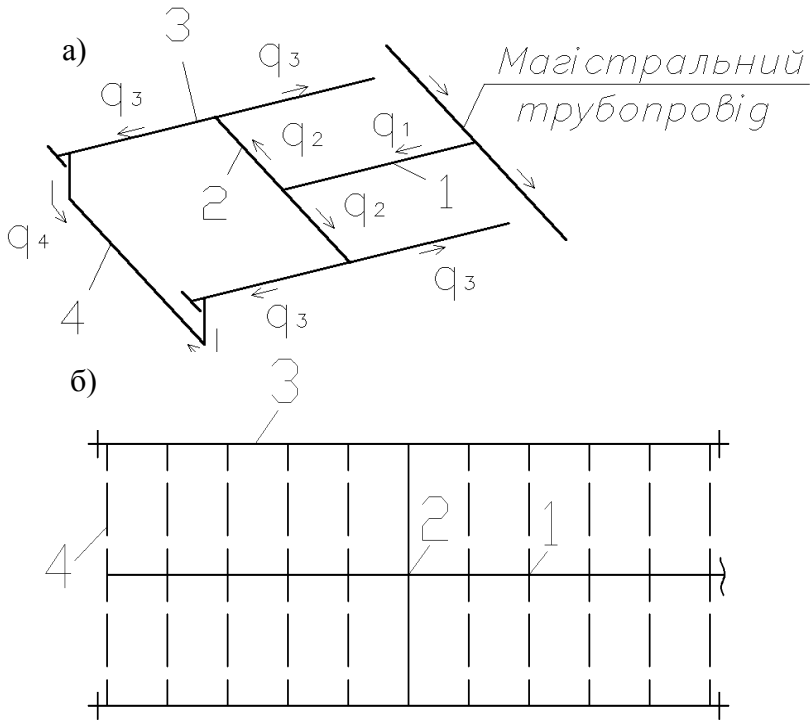


Рис.8.3. Розрахункова схема системи для додаткової верхньої промивки: а) аксонометрична ; б) планова: 1 – трубопровід для подачі води на фільтр (відділення); 2 – поперечна магістраль; 3 – бічні розвідні труби; 4 – відгалуження (дірчасті труби)

Вихідні дані:

- Фільтр складається з двох відділень;
- Довжина відділення $L = 12,5$ м;
- Ширина відділення $B = 4$ м;
- Кількість відгалужень на відділення $n_{відг} = 12$.

Завдання:

1. Визначити діаметри труб d_1 , d_2 , d_3 , d_4 ;
2. Визначити кількість отворів n_o та крок їх розташування t_o на відгалуженнях.

Основні розрахункові формули:

1. Площа відділення фільтра, m^2

$$F = L \cdot B; \quad (8.1)$$

2. Витрата в трубопроводі для подачі промивної води на відділення фільтра, m^3/c

$$q_1 = 1 \cdot 10^{-3} F \cdot \omega, \quad (8.2)$$

де ω – інтенсивність верхньої промивки ($\omega = 3 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$);

3. Діаметр трубопроводу для подачі промивної води на відділення фільтра, м

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{q_1}{v_1}}, \quad (8.3)$$

де $v_1 = 2 \text{ м}/\text{с}$;

4. Промивна витрата в поперечній магістралі, m^3/c

$$q_2 = \frac{q_1}{2}; \quad (8.4)$$

5. Діаметр поперечної магістралі, м

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{q_2}{v_2}}, \quad (8.5)$$

де $v_2 = 2 \text{ м}/\text{с}$;

6. Промивна витрата на початку бічної розвідної труби, m^3/c

$$q_3 = \frac{q_2}{2}; \quad (8.6)$$

7. Діаметр бічної розвідної труби, м

$$d_3 = 1,13 \sqrt{\frac{q_3}{v_3}}, \quad (8.7)$$

де $v_3 = 2$ м/с (швидкість на початку бічної розвідної труби);

8. Відстань між осями відгалужень, м

$$t_{\text{відг}} = \frac{L}{n_{\text{відг}}}; \quad (8.8)$$

9. Площа відділення фільтра, що припадає на одне відгалуження, м²

$$F_{\text{відг}} = t_{\text{відг}} l_{\text{відг}}; \quad (8.9)$$

де $l_{\text{відг}} = B = 4$ м;

10. Промивна витрата, яка подається з кожного боку на одне відгалуження, м³/с

$$q_4 = \frac{F_{\text{відг}} \omega}{2}; \quad (8.10)$$

11. Діаметр відгалуження, м

$$d_4 = 1,13 \sqrt{\frac{q_4}{v_4}}; \quad (8.11)$$

де $v_4 = 3 \dots 5$ м/с;

12. Сумарна площа отворів у відгалуженнях на відділення фільтра, м²

$$\sum f_o = \frac{\alpha_n F}{100}, \quad (8.12)$$

де $\alpha_n = 0,03 \dots 0,05$ %;

13. Площа одного отвору, м²

$$f_o = 0,785 d_o^2, \quad (8.13)$$

де діаметр отвору $d_o = 0,006$ м;

14. Кількість отворів на відділення фільтра

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_o}; \quad (8.14)$$

15. Кількість отворів на одне відгалуження

$$n_{o \text{ відг}} = \frac{n_o}{n_{\text{відг}}}; \quad (8.15)$$

16. Крок розташування отворів на відгалуженні

$$t_o = \frac{l_{\text{відг}}}{n_{\text{о відг}}} . \quad (6.16)$$

Розрахунки:

1) За формулою (8.1) площа відділення фільтра

$$F = 12,5 \cdot 4 = 50 \text{ м}^2;$$

2) За формулою (8.2) витрата в трубопроводі для подачі промивної води на відділення фільтра

$$q_1 = \frac{50 \cdot 3}{1000} = 0,15 \text{ м}^3/\text{с};$$

3) За формулою (8.3) діаметр трубопроводу для подачі промивної води на відділення фільтра

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{0,15}{2}} = 0,309 \text{ м},$$

приймаємо $d_1 = 300 \text{ мм}$;

4) За формулою (8.4) промивна витрата в поперечній магістралі

$$q_2 = \frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ м}^3/\text{с};$$

5) За формулою (8.5) діаметр поперечної магістралі

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{0,075}{2}} = 0,218 \text{ м},$$

приймаємо $d_2 = 225 \text{ мм}$;

6) За формулою (8.6) промивна витрата на початку бічної розвідної труби

$$q_3 = \frac{0,075}{2} = 0,0375 \text{ м}^3/\text{с},$$

7) За формулою (8.7) діаметр бічної розвідної труби

$$d_3 = 1,13 \sqrt{\frac{0,0375}{2}} = 0,137 \text{ м},$$

приймаємо $d_3 = 150$ мм;

8) За формулою (8.8) відстань між осями відгалужень

$$t_{\text{відг}} = \frac{12,5}{12} = 1,04 \text{ м};$$

9) За формулою (8.9) площа відділення фільтра, що припадає на одне відгалуження

$$F_{\text{відг}} = 1,04 \cdot 4 = 4,16 \text{ м}^2;$$

10) За формулою (8.10) промивна витрата, яка подається з кожного боку на одне відгалуження

$$q_4 = \frac{4,18 \cdot 3}{2} = 0,00625 \text{ м}^3/\text{с};$$

11) За формулою (8.11) діаметр відгалуження

$$d_4 = 1,13 \sqrt{\frac{0,00625}{3}} = 0,045 \text{ м},$$

приймаємо $d_4 = 50$ мм;

12) За формулою (8.12) сумарна площа отворів у відгалуженнях на відділення фільтра

$$\sum f_o = \frac{0,03 \cdot 50}{100} = 0,015 \text{ м}^2;$$

13) За формулою (8.13) площа одного отвору

$$f_o = 0,785 \cdot 0,006^2 = 0,0000282 \text{ м}^2;$$

14) За формулою (8.14) кількість отворів на відділення фільтру

$$n_o = \frac{0,015}{0,0000282} = 531,9 ,$$

приймаємо $n_o = 530$ отворів;

15) За формулою (8.15) кількість отворів на одне відгалуження

$$n_{o \text{ відг}} = \frac{530}{12} = 44,16 ,$$

приймаємо $n_o = 44$ отвору;

16) За формулою (8.16) крок розташування отворів на відгалуженні

$$t_o = \frac{4}{44} = 0,091 \text{ м},$$

приймаємо $t_o = 91 \text{ мм}$.

Практична робота №9

Розрахунок розподільної системи швидких фільтрів при водоповітряній промивці

Теоретична частина

Якщо водяна промивка фільтрувальної засипки (ФЗ) не дає належного ефекту проводять водоповітряну промивку.

Принцип: крім води при промивці в дренажну систему підводиться стиснуте повітря, яке інтенсифікує процес тертя зерен та збільшує швидкість руху потоку промивної води.

Реалізація: досягається влаштуванням додаткових комунікацій, якими стиснуте повітря від повітродувки підводиться до дренажної системи.

Різновиди:

а) роздільна за часом, двоступенева

режим: 1. Промивка водою;

2. Продувка повітрям.

переваги: не потребує спеціальної розподільної системи для повітря.

недоліки: менша ефективність.

б) сумісна за часом, трьохступенева

режим: 1. Повітря ($\omega = 15 \dots 20 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$), $t = 1 \dots 2 \text{ хв.}$);

2. Повітря ($\omega = \text{---} \text{---}$) + вода ($\omega = 2,5 \dots 3 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$),
 $t = 4 \dots 5 \text{ хв.}$;

3. Вода ($\omega = 5 \dots 6 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$), $t = 4 \dots 5 \text{ хв.}$

переваги: більш ефективна.

недоліки: потребує спеціальної розподільної системи для повітря або реконструкції існуючої дренажної системи.

в) сумісна за часом, двоступенева

Режим: 1. Повітря ($\omega = 15 \dots 20 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$) + вода ($\omega = 5 \dots 6 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$);

2. Вода ($\omega = 2,5 \dots 3 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$).

г) роздільна за часом з подачею води у попередньо насичену повітрям ФЗ

Реалізація: в кінці фільтроциклу з фільтра випускається вода, внаслідок чого оголюється верхній шар ФЗ (на 0,5 H_z). При наступній подачі промивної води повітря, що насичує ФЗ, інтенсивно відриває забруднення від зерен.

Переваги: скорочується час промивки; при використанні методу для видалення осаду рихлої структури (характерної для використання як реагенту тільки $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) вдвічі зменшується q_{np} .

Ефект від проведення водоповітряної промивки:

- приблизно в 2 рази зменшується q_{np} ;
- зменшується потужність промивних насосів і об'єм місткості для збереження промивної води;
- зменшуються об'єми споруд з обробки скидних промивних вод і осаду.

На рис. 9.1. наведені конструктивні схеми збірної і розподільної системи швидкого фільтра при проведенні водоповітряної промивки (пропозиція НІИ КВОВ АКХ ім. К.Д. Памфілова).

Рекомендації з розрахунку збірної системи

Розрахункові конструктивні параметри збірної системи (рис. 9.1,а) залежать від питомої витрати води, яка визначається за формулою, л/(м·с)

$$q = \omega_e b, \quad (9.1)$$

де ω_e – інтенсивність подачі промивної води, л/(с·м²), яка приймається для 2-го етапу промивки за таблицею 9.1; b – ширина фільтра (довжина горизонтального шляху руху потоку промивної води над засипкою до жолоба), м.

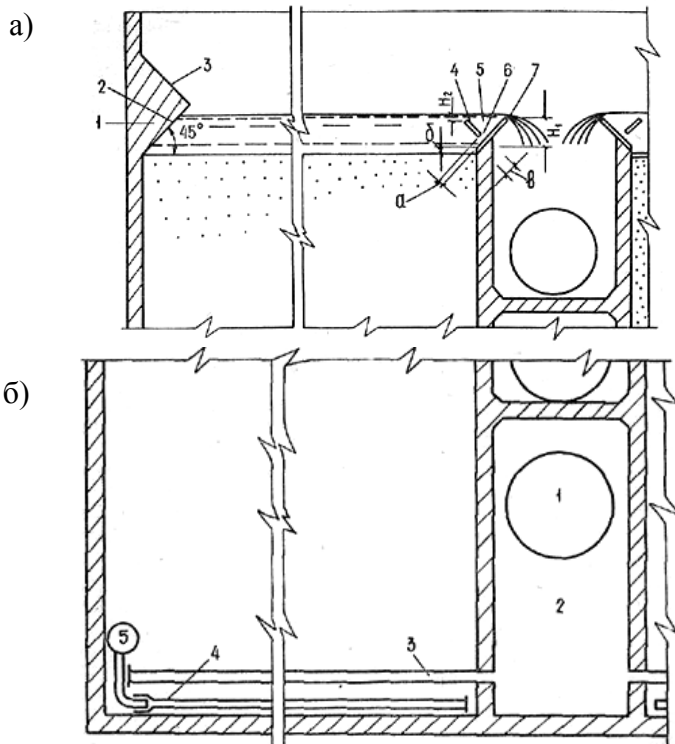


Рис. 9.1. Влаштування збірної і розподільної системи фільтра при водоповітряній промивці: а) збірна система: 1 – струмененаправний виступ; 2,3 – поверхні виступу; 4 – відбійна стінка; 5 – пісковловлювальний жолоб; 6 – щілина між відбійною і водозливною стінками; 7 – водозливна стінка жолоба; $a = 15 \dots 20$ мм; $b = 20 \dots 30$ мм; $v = 30 - 40$ мм; б) розподільна система: 1 – магістраль для розподілу води; 2 – колектор для розподілу води; 3 – дірчасті труби для розподілу води; 4 - дірчасті труби для розподілу повітря (відгалуження); 5 – колектор для розподілу повітря

Таблиця 9.1. Параметри промивки

Показник	Етапи промивки		
	1	2	3
Інтенсивність подачі, л/(с·м ²):	-	2,5...3,5	5...7
води, ω_g	15...20	15...20	-
повітря, ω_n	1...2	4...7	5...7
Тривалість етапу, t_{np} , хв			

Розміри основних елементів збірної системи наведені в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2. Розміри основних елементів збірної системи

Різниця позначок, мм	Витрата води на 1 м ширини водозливу, q , л/(м·с)			
	10	15	20	25
Між верхньою і нижньою крайками водозливної стінки, H_1	170	210	260	320
Між верхніми крайками водозливної і відбійної стінок, H_2	20	20	20	25

Рекомендації з розрахунку розподільної системи

Розрахункові конструктивні параметри розподільної системи (рис. 9.1,б) наведені в таблицях 9.3 і 9.4.

Таблиця 9.3. Елементи розподільної системи для води

Труби	П а р а м е т р п р о е к т у в а н н я
<p>Розподільні (відгалуження)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Труби <ul style="list-style-type: none"> - тип – дірчасті сталеві (при наявн. підтримуючих шарів); – щілинні поліетиленові; - промивна витрата $q_{np} = \omega_v F_{відг}$, де ω_v - швидкість промивки го - площа фільтра, що припадає на одне відгалуження $F_{відг} = \frac{F_{\phi} l_{відг}}{L}$, де F_{ϕ}- площа фільтра; L – довжина фільтра; - відстань між осями відгалужень $l_{відг} = 0,25 \dots 0,35$ м; - кількість відгалужень $n_{відг} = \frac{L}{l_{відг}}$; - діаметр відгалужень $d_{відг} = 1,13 \sqrt{\frac{q_{np}}{v_{ex\ відг}}}$, де $v_{ex\ відг}$ - швидкість на вході у відгалуження (1,5...2 м/с); - відстань від дна фільтра до відгалуження $\Delta = 120 \dots 150$ мм • Отвори у відгалуженнях <ul style="list-style-type: none"> - розташування – в один ряд знизу; - діаметр $d_o = 10 \dots 12$ мм; - крок $t = 120 \dots 160$ мм; - сумарна площа $\sum f_o = (0,018 \dots 0,022) F_{\phi}$; • Щілини у відгалуженнях <ul style="list-style-type: none"> - розташування – в один ряд знизу поперек осі труби; - довжина $l_{щ} = (1,5 \dots 2) d_{відг}$; - ширина $b_{щ} = 0,5$ мм; - відстань між щілинами $t = 100 \dots 180$ мм.

Таблиця 9.4. Елементи розподільної системи для повітря

Труби	П а р а м е т р п р о е к т у в а н н я
Розподільні (відгалуження)	<p>• Труби</p> <ul style="list-style-type: none"> - тип – дірчасті сталеві (при наявн. підтримуючих шарів); – щільні поліетиленові; - витрата повітря , що надходить у відгалуження $q_n = \omega_n F_{відг}$, де ω_n – p – інтенсивні родовки (за таблицею 9.1 табл.10.2 дце - площа фільтра, що припадає на одне відгалуження $F_{відг} = \frac{F_{\phi} l_{відг}}{L}$, де F_{ϕ}- площа фільтра; L – довжина фільтра; - відстань між осями відгалужень $l_{відг} = 0,25 \dots 0,35$ м (відгалуження повітряної системи розташовані між відгалуженнями водяної системи та з боку торцевих стінок фільтра); - кількість відгалужень $n_{відг} = \frac{L}{l_{відг}}$; - діаметр відгалужень $d_{відг} = 1,13 \sqrt{\frac{q_n}{v_{n\ відг}}}$, <p>де</p> <ul style="list-style-type: none"> $v_{n\ відг}$ – швидкість повітря на вході у відгалуження (13...18 м/с); - відстань від дна фільтра до відгалуження $\Delta = 10 \dots 30$ мм; - відстань від заглушеного кінця відгалуження до стінки – 20...30 мм;

	<ul style="list-style-type: none"> • Отвори у відгалуженнях <ul style="list-style-type: none"> - розташування – знизу у шаховому порядку по двох твірних під кутом 45° до вертикалі; - діаметр $d_o = 3 \dots 5$ мм; - крок в ряду $t = 100 \dots 180$ мм; - нормативна швидкість на виході з отворів $V_{o \text{ норм}} = 45 \dots 50$ м/с; • Щілини у відгалуженнях <ul style="list-style-type: none"> - розташування – знизу у шаховому порядку по двох твірних під кутом 45° до вертикалі; - довжина $l_{щ} = 15 \dots 25$ мм; - ширина $b_{щ} = 0,5$ мм; - відстань між щілинами в кожному ряду $t = 100 \dots 180$ мм.
Колектор	<ul style="list-style-type: none"> - тип труб – сталеві або поліетиленові; - діаметр $d_{кол} = 1,13 \sqrt{\frac{q_n n_{відг}}{v_{нкол}}}$, де $V_{н кол}$ – швидкість повітря на початку колектора (7...10 м/с).

Рекомендації з розрахунку отворів у відгалуженнях повітряної системи з врахуванням нерівномірності розподілу повітря по отворах

Розрахунок отворів проводять виходячи з їх сумарної площі, яка визначається за формулами, м²

$$\sum f_o \leq \frac{aF}{\mu \sqrt{1 - \xi}} \quad \text{при } \xi < 1, \quad (9.2)$$

$$\sum f_o \leq \frac{aF}{\mu\sqrt{\xi-1}} \quad \text{при } \xi > 1, \quad (9.3)$$

де F – площа перерізу труби відгалуження ($0,785 d_{\text{відг}}^2$), м²;

μ – коефіцієнт витрати (при наявності підтримуючих шарів $\mu = 0,54$; при відсутності - $\mu = 0,45 \dots 0,51$ залежно від d_3);

ξ – коефіцієнт опору трубопроводу, який визначається за формулою

$$\xi = 0,0044 \frac{l_{\text{відг}}}{d_{\text{відг}}}; \quad (9.4)$$

a – характеристика трубопроводу, яка приймається залежно від нерівномірності розподілу повітря по отворах відгалуження Δ ($\Delta = 0 \dots 0,1$) за таблицею 9.5.

Таблиця 9.5. Значення a залежно від Δ

Δ	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
a	0,15	0,22	0,26	0,3	0,33	0,35	0,38	0,4	0,41	0,43

Значення Δ встановлюється емпіричним шляхом.

Витрата, яка надходить через i -тий отвір визначається за формулою

$$q_{oi} = \frac{q_n}{n_o} + \Delta - \frac{2\Delta}{n_o}(N-1), \quad (9.5)$$

де q_n – витрата повітря, що надходить у відгалуження; Δ – прийнята нерівномірність розподілу цієї витрати по отворах; n_o – кількість отворів у відгалуженні; N – порядковий номер i -того отвору.

Приклад розподілу витрати повітря, що надходить у відгалуження, $q_n = 10$ л/с за 10 отворами при різному значенні нерівномірності Δ :

Δ	№ отв.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	q_o ,	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,1	л/с	1,1	1,08	1,06	1,04	1,02	1	0,98	0,96	0,94	0,92

Приклад розрахунків

Розрахункова схема:

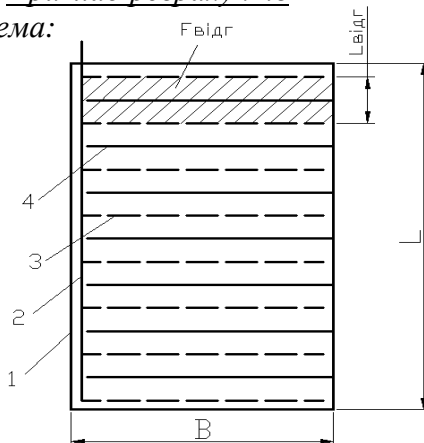


Рис. 9.2. Розрахункова схема розподільної системи для повітря: 1 – відділення фільтра; 2 – колектор повітряної системи; 3 – відгалуження повітряної системи; 4 – відгалуження водяної системи

Вихідні дані:

- Довжина відділення фільтра $L = 6$ м;
- Ширина відділення фільтра $B = 6$ м;
- Прийнята відстань між осями відгалужень $l_{відг} = 0,3$ м;
- Фільтр має підтримуючі шари;
- Характеристика труб відгалужень повітряної системи $a = 0,15$.

Завдання:

1. Визначити діаметри відгалуження $d_{відг}$ і колектора $d_{кол}$ повітряної системи;
2. Визначити кількість отворів n_o і крок їх розташування t на відгалуженні.

Розрахункові формули:

1. Площа відділення фільтра, м²

$$F_{\phi} = LB ; \quad (9.6)$$

2. Кількість відгалужень повітряної системи у відділенні фільтра

$$n_{\text{відг}} = \frac{L}{l_{\text{відг}}} ; \quad (9.7)$$

3. Площа фільтра, що припадає на одне відгалуження, м²

$$F_{\text{відг}} = \frac{F_{\phi}}{n_{\text{відг}}} ; \quad (9.8)$$

4. Витрата повітря, що надходить у відгалуження, л/с

$$q_n = \omega_n F_{\text{відг}} ; \quad (9.9)$$

5. Діаметр відгалуження, м

$$d_{\text{відг}} = 1,13 \sqrt{\frac{q_n}{v_{n \text{ відг}}}} , \quad (9.10)$$

де q_n – витрата повітря, прийнята в м³/с;

6. Діаметр колектора, м

$$d_{\text{кол}} = 1,13 \sqrt{\frac{q_n n_{\text{відг}}}{v_{n \text{ кол}}}} , \quad (9.11)$$

де q_n – витрата повітря, прийнята в м³/с;

7. Коефіцієнт опору труби відгалуження

$$\xi = 0,0044 \frac{l_{\text{відг}}}{d_{\text{відг}}} ; \quad (9.12)$$

8. Сумарна площа отворів на відгалуженні, м²

$$\sum f_o = \frac{aF}{\mu \sqrt{1 - \xi}} ; \quad (9.13)$$

9. Фактична швидкість повітря на виході з отворів, м/с

$$V_o = \frac{q_n}{\sum f_o} ; \quad (9.14)$$

10. Площа отвору, м²

$$\omega_o = 0,785d_o^2 ; \quad (9.15)$$

11. Кількість отворів у відгалуженні

$$n_o = \frac{\sum f_o}{\omega_o} ; \quad (9.16)$$

12. Крок розташування отворів на відгалуженні, м

$$t = \frac{B}{n_o} . \quad (10.17)$$

Проведення розрахунків:

1) За формулою (9.6) площа відділення фільтра

$$F_\phi = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^2;$$

2) За формулою (9.7) кількість відгалужень повітряної системи у відділенні фільтра

$$n_{\text{відг}} = \frac{6}{0,3} = 20 \text{ шт.};$$

3) За формулою (9.8) площа фільтра, що припадає на одне відгалуження

$$F_{\text{відг}} = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ м}^2;$$

4) За формулою (9.9) витрата повітря, що надходить у відгалуження

$$q_n = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ л/с} = 0,03 \text{ м}^3/\text{с};$$

5) За формулою (9.10) діаметр відгалуження

$$d_{\text{відг}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,03}{15}} = 0,047 \text{ м},$$

приймаємо $\underline{d_{\text{відг}} = 50 \text{ мм}}$;

6) За формулою (9.11) діаметр колектора

$$d_{\text{кол}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,03 \cdot 20}{7}} = 0,33 \text{ м},$$

приймаємо $\underline{d_{\text{кол}} = 300 \text{ мм}}$;

7) За формулою (9.12) коефіцієнт опору труби відгалуження

$$\xi = 0,0044 \frac{5}{0,05} = 0,44;$$

8) За формулою (9.13) сумарна площа отворів на відгалуженні

$$\sum f_o = \frac{0,15 \cdot 0,785 \cdot 0,05^2}{0,54 \sqrt{1 - 0,44}} = 0,0006 \text{ м}^2;$$

9) За формулою (9.14) фактична швидкість повітря на виході з отворів

$$V_o = \frac{0,03}{0,0006} = 50 \text{ м/с,}$$

ця швидкість знаходиться в межах нормативної $V_{o \text{ норм}}$ (якби не знаходилась, то змінювали б $\sum f_o$ та $d_{\text{відг}}$);

10) За формулою (9.15) площа отвору

$$\omega_o = 0,785 \cdot 0,004^2 = 0,0000125 \text{ м}^2;$$

11) За формулою (9.16) кількість отворів у відгалуженні

$$n_o = \frac{0,0006}{0,0000125} = 48 \text{ шт.};$$

12) За формулою (9.17) крок розташування отворів на відгалуженні

$$t = \frac{5}{48} = 0,104 \text{ м,}$$

це значення знаходиться у межах нормативного (0,1...0,2 м).

Питання для самоконтролю

1. Назвіть різновиди водоповітряної промивки фільтрів.
2. Охарактеризуйте особливості збірної та розподільної системи при водоповітряній промивці.
3. Діаметри яких труб визначаються при розрахунку водоповітряної промивки?
4. Які параметри враховуються при розрахунку нерівномірності розподілу повітря за отворами відгалужень?

II САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Пізнавальна діяльність студентів у процесі виконання самостійної роботи характеризується високим рівнем самостійності та сприяє залученню студентів до творчої активності. Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни «Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання» є самостійне опрацювання рекомендованих тем:

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми
1	Аналіз роботи споруд щодо очистки природних вод. Контроль за роботою споруд.
2	Сучасні матеріали і реагенти, які використовуються для очистки природних вод.
3	Застосування модифікованого фільтруючого завантаження. Заміна плівкового фільтрування на об'ємне. Зміна напрямку фільтруючого потоку на повільних фільтрах. Застосування двошарового завантаження на фільтрах.
4	Фізико-хімічні методи інтенсифікації процесу знезараження. Інноваційні методи дезінфекції води.

Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни є складання письмового звіту за темами, вказаними вище. Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210x297) з одного боку. Поля: верхнє, праве, ліве – 20 мм, нижнє – 22 мм, ліве. У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу. Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською

мовою. На титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, навчальна дисципліна, прізвище та ініціали здобувача вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада. Загальний обсяг звіту – 9-14 сторінок. Звіт включає план, основну частину, висновки, список використаної літератури та додатки (за необхідності). Захист звіту про самостійну роботу проводиться у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

1. Орлов В. О., Шадура В. О., Назаров С. М. Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання. Навчальний посібник. Рівне : НУВГП. 2013. 265 с.
2. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення / О. А. Василенко, П. О. Грабовський, Г. М. Ларкіна та ін. : навчальний посібник. ІВНВКП «Укреліотех», 2010. 272 с.