

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



**ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ  
НА ТЕМУ: «РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СПОРУД  
ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ (ДООЧИЩЕННЯ) СТІЧНИХ ВОД  
МЕТОДОМ ФІЛЬТРУВАННЯ»**

для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та  
«Технології захисту навколишнього середовища»  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2021

Технології захисту водних ресурсів. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи «Розрахунок основних параметрів споруд глибокого очищення (доочищення) стічних вод методом фільтрування» для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти» [Текст] / Д.В. Кулікова, О.С. Ковров. НТУ «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 96с.

Автори:

Д.В. Кулікова, канд. техн. наук, доц.;

О.С. Ковров, докт. техн. наук, проф.

Затверджено методичними комісіями зі спеціальностей 101 «Екологія» (протокол №2 від 17.02.2021 р.) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол № 2 від 17.02.2021 р.) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 7 від 12.02.2021).

Подано методичні рекомендації до виконання практичної роботи з дисципліни «Технології захисту водних ресурсів» на тему «Розрахунок основних параметрів споруд глибокого очищення (доочищення) стічних вод методом фільтрування» для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Розглянуто конструкції та принцип роботи технологічного обладнання, призначеного для глибокого очищення стічних вод методом фільтрування, та наведено методики технологічного розрахунку параметрів фільтрів, призначених для доочищення стічних вод від дрібнодисперсних завислих речовин та нафтопродуктів.

Відповідальний за випуск, завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища д-р. техн. наук, проф. А.В. Павличенко.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Ефективне та якісне очищення стічних вод є необхідною умовою збереження чистоти водних об'єктів. Однак на існуючих очисних спорудах не завжди вдається досягти необхідної якості очищення.

Основними причинами неефективної роботи очисних споруд є:

- невідповідність технології очистки якісному складу стічних вод;
- відсутність або недостатність локальної очистки;
- незадовільна експлуатація очисних споруд;
- фізичний знос обладнання;
- застосування застарілих технологій очищення стічних вод.

У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації і необхідністю раціонального використання води все більш актуальною стає проблема вдосконалення технологій очистки стічних вод. В останні роки отримує значний розвиток так зване доочищення стічних вод, що представляє собою комплекс споруд, які доповнюють сформовану технологію очищення (зазвичай, біологічну очистку) стічних вод і забезпечують підвищення ефективності їхнього очищення.

Відомо ряд методів доочищення: фільтрування, флоатація, сорбція, окислення, використання біологічних ставків та ін.

Завдяки достатньо високій ефективності очищення води і універсальності методу при вилученні різноманітних за складом забруднень, найбільшого поширення отримує метод фільтрування.

**Мета роботи:** набуття теоретичних знань у сфері технологій захисту водних ресурсів та здобуття практичних навичок із технологічного розрахунку та вибору очисних споруд, призначених для глибокого очищення (доочищення) стічних вод методом фільтрування.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням таких завдань:

1. Ознайомитися з конструкціями та принципом роботи технологічного обладнання, призначеного для глибокого очищення (доочищення) стічних вод методом фільтрування.

2. Ознайомитися з методиками технологічного розрахунку параметрів фільтрів, призначених для глибокого очищення (доочищення) стічних вод від дрібнодисперсних завислих речовин та нафтопродуктів.

3. Виконати технологічний розрахунок параметрів фільтра, призначеного для глибокого очищення (доочищення) стічних вод від дрібнодисперсних завислих речовин, відповідно до варіанта вихідних даних.

## 1. Теоретичні основи очищення стічних вод методом фільтрування через зернисті матеріали

Суть методу полягає в фільтруванні оброблюваної води, що містить домішки, через фільтруючий матеріал, який є проникним для рідини і непроникним для твердих частинок. При цьому, процес супроводжується значними витратами енергії. Однак допускати великих втрат напору в техніці водоочищення можна лише при обробці невеликих кількостей води. Це визначає місце фільтрувальних споруд в технологічній схемі, тобто в більшості випадків фільтрування є завершальним етапом обробки води і проводиться після її попереднього освітлення у відстійниках, флотаторах або освітлювачах.

Водоочисні споруди, на яких здійснюється процес фільтрування, називають фільтрами. Фільтри з вигляду фільтруючого середовища поділяють на тканинні або сітчасті, каркасні або наливні (діатомові), зернисті (піщані, керамзитові та інші). З перерахованих вище груп фільтрів найбільш значною є остання. Фільтри цієї групи в техніці водопостачання застосовуються найбільш широко. Фільтри з зернистим завантаженням класифікують за низкою основних ознак:

- 1) за швидкістю фільтрування – повільні (0,1-0,3 м/годину), швидкі (5-12 м/годину) та надшвидкісні (36-100 м/годину);
- 2) за тиском, під яким вони працюють, – відкриті (або безнапірні) та напірні;
- 3) за напрямом фільтруючого потоку – зі спадним (згори вниз) і висхідним (знизу вгору) потоком, в окремих випадках – з горизонтальним потоком;
- 4) за крупністю матеріалу, через який відбувається фільтрування, – дрібно-, середньо- і крупнозернисті;
- 5) за кількістю фільтруючих шарів – одно-, двох- і багатошарові.

В процесі фільтрування вода проходить фільтруючий і підтримуючий шари, а потім надходить до розподільчої системи і далі в резервуар чистої води.

Під час промивання фільтра промивна вода подається в розподільчу систему і далі від низу до верху в фільтруючий шар, який вона розширює (зважає). Дійшовши до верхньої кромки промивних жолобів, промивна вода, разом з вимитими нею з фільтруючого матеріалу забрудненнями, переливається в жолоби, а з них в бічну кишеню і відводиться на споруди обороту промивної води.

*Фільтруючі матеріали.* Фільтруюче завантаження є основним робочим елементом фільтрувальних споруд, тому правильний вибір його параметрів має першорядне значення для їхньої нормальної роботи. При виборі фільтруючого матеріалу основними є його вартість, можливість отримання в районі будівництва даного фільтрувального комплексу та дотримання певних технічних вимог, до числа яких відносяться: належний фракційний склад завантаження; певна ступінь однорідності розмірів його зерен; механічна міцність; хімічна стійкість матеріалів по відношенню до фільтрованої води.

Найбільш поширеним фільтруючим матеріалом є кварцовий пісок – річковий або кар'єрний. Кварцовий пісок при невеликому вмісті домішок вапняку відповідає всім вище перерахованим вимогам, що пред'являються до фільтруючих матеріалів. Поряд з піском застосовують антрацит, керамзит, горілі породи, шунгізіт, вулканічні шлаки, пінополістирол та інші.

В якості фільтруючих матеріалів можуть бути використані також відходи промислових виробництв, доменні шлаки й шлаки мідно-нікелевого виробництва. Перевагою шлаків є те, що вони зазвичай мають фракційний склад, близький до того, який потрібен для завантаження фільтрувальних апаратів.

В якості фільтруючого матеріалу на фільтрах з плаваючим завантаженням використовують пінополістирол. Цей зернистий матеріал отримують спученням, в результаті теплової обробки вихідного матеріалу – полістиролу бісеру, що випускається хімічною промисловістю.

Знаходять застосування активні фільтруючі матеріали, які завдяки своїм властивостям можуть витягувати з води не тільки завислі та колоїдні домішки, але й істинно розчинені забруднення. Так, для стабілізаційної обробки води застосовують мармурову крихту та магномасу. Все більш широко застосовують активоване вугілля для вилучення з води речовин, що обумовлюють присмаки й запахи. Застосовують природний іонообмінний матеріал клиноптилоліт для видалення з води розчинених сполук фтору й азоту. Доступність і дешевизна цього матеріалу дозволяють все більш широко застосовувати його в якості завантаження фільтрувальних апаратів.

*Підтримуючий шар.* Підтримуючий шар з гравію або щебеню висотою 0,45-0,55 м з розміром зерен 2-40 мм, на якому лежить фільтруюче завантаження, укладають для того, щоб дрібний фільтруючий матеріал не вимивався з фільтруючого шару і не виносився разом з відфільтрованою водою через отвори розподільчої системи. Підтримуючі шари сприяють більш рівномірному розподілу промивної води за площею фільтра і підтримують фільтруюче завантаження. В якості підтримуючих шарів застосовують гравій або щебінь вивержених порід. Домішки зерен вапняку в них допускаються не більше 15%, а домішки зерен крейди є неприпустимими. Недоліком підтримуючих шарів є можливість їхнього зміщення при промиванні, що порушує їхню горизонтальність і, в кінцевому рахунку, погіршує роботу фільтра.

*Розподільчі системи фільтрувальних апаратів.* Розподільча (дренажна) система є важливим елементом фільтра. Вона повинна збирати та відводити відфільтровану воду без виносу зерен фільтруючого матеріалу і при промиванні рівномірно розподіляти промивну воду за площею фільтра.

До розподільчих (дренажних) систем швидких фільтрів висуваються такі основні вимоги:

- рівномірність розподілу промивної води за площею фільтра;
- рівномірність збору відфільтрованої води з площі фільтра;
- достатня механічна міцність, що витримує масу води і завантаження, а також тиск води при промиванні фільтра;
- незасміченість отворів і щілин під час робочого циклу і при промиванні.

В теперішній час застосовують такі типи розподільчих систем: з щілинних труб або щілинного «помилкового» днища великого опору, без гравійних підтримуючих шарів; трубчастий дренаж великого опору, що розташовується безпосередньо в завантаженні фільтра; ковпачковий.

Рекомендується застосовувати розподільчі системи великого опору (трубчасті, ковпачкові та у вигляді «помилкового» днища), оскільки такі системи забезпечують необхідну рівномірність розподілу промивної води.

Щілинний розподільчий пристрій являє собою систему труб зі щілинами або «помилкове» щілинне днище. Ширина щілин повинна бути на 0,1 мм меншою розміру самої дрібної фракції завантаження. Для трубчастого щілинного дренажу слід застосовувати труби з нержавіючої сталі або поліетилену серії С або Т. Щілини розташовуються рівномірно поперек осі і за периметром труби не менше ніж у два ряди на відстані не меншою 20 мм один від одного. Загальна площа щілин складає 1,5-2% від робочої площі фільтра.

Ковпачкова розподільча система являє собою систему ковпачків, що вмонтовуються на дренажному (з отворами) днищі або на розподільчих трубах з розрахунку 35-50 ковпачків на квадратний метр площі фільтра. Вітчизняна промисловість випускає ковпачки двох видів: щілинні пластмасові та порцелянові або пористі. Швидкість руху води або водоповітряної суміші в щілинах ковпачків приймають не меншою 1,5 м/с. Загальна площа прохідних отворів усіх ковпачків повинна становити 0,8-1,0% від робочої площі фільтра.

Застосування ковпачкових дренажів в умовах водоповітряного промивання дозволяє зменшити витрати промивної води, знизити будівельну вартість споруд, за рахунок зменшення діаметрів трубопроводів, і обсяг резервуарів для зберігання промивної води.

Розподільча система з пористих керамічних або бетонних плит, що влаштовується у вигляді проміжного днища, також не вимагає підтримуючого шару. Керамічні плити випускають розмірами 40x40x5 або 25x50x5 см. Плити виготовляють із зерен корунду на керамічній зв'язці.

Фізична сутність дії розподільчих систем великого опору полягає в тому, що гідродинамічна нестійкість завислого шару забрудненого завантаження паралізується опором отворів або щілин на шляху руху води. Для забезпечення рівномірності розподілу промивної води за площею фільтра необхідно, щоб сумарний опір на шляху потоку промивної води (опір в розподільчій системі + опір в завантаженні) зростав зі збільшенням інтенсивності промивання.

*Промивання фільтрувальних апаратів.* Момент роботи фільтра, коли втрати напору в фільтруючому завантаженні досягають гранично допустимого значення або починає погіршуватися якість фільтрату, служить сигналом для вимикання фільтра на промивання з метою відновлення затримуючої здатності завантаження. Промивання фільтруючого завантаження в швидких фільтрах здійснюють зворотним струмом води або повітрям і води, для чого, як правило, використовують відфільтровану воду. Перед промиванням фільтра подачу води на нього припиняють. Коли рівень води в ньому знизиться до кромки жолобів, починають подачу промивної води до низу фільтра. Промивна вода надходить до розподільчої (дренажної) системи фільтра, рівномірно розподіляється за площею фільтра та піднімається вгору через завантаження з такою інтенсивністю, яка забезпечує перехід зерен фільтруючого завантаження в завислий стан. При цьому завантаження як би розширюється і поверхня, яку воно займало в процесі фільтрування, наближається до кромки жолобів.

При завислому стані завантаження його окремі зерна безперервно стикаються один з одним, в результаті чого забруднення, що на них налипають, відтираються і разом з потоком промивної води переливаються в жолоби, звідки відводяться в кишеню (або центральний канал) фільтра і далі скидаються в каналізацію. Фільтр промивають до тих пір, поки вода, що переливається в жолоби, не стане прозорою. Для нормально працюючих швидких фільтрів достатня тривалість промивання 8-10 хвилин.

Незважаючи на те, що промивання фільтрів є лише допоміжним процесом, воно може вплинути на нормальний режим роботи фільтрів. Якщо в процесі промивання фільтруюче завантаження відмивається недостатньо, то це призводить до поступового накопичення залишкових забруднень, що скорочує фільтроцикл, а в окремих випадках і зовсім виводить фільтр з роботи. Тому конструктивне оформлення більшості деталей і устаткування фільтрів диктується умовами його промивання.

Основним завданням при розрахунку промивання фільтрів є встановлення такої інтенсивності промивання і такого відносного розширення шару завантаження, при яких забезпечується практично повне відмивання зерен завантаження від забруднень, що на них налипають в процесі фільтрування.

Для завантажень з кварцового піску при еквівалентному діаметру зерен  $d_e > 1$  мм з метою підвищення ефекту відмивання, зниження витрат промивної води і зменшення розмірів водовідвідних пристроїв (жолобів, каналів, трубопроводів) доцільно застосування водоповітряного промивання. Його режим призначається наступним: продування повітрям з інтенсивністю  $15-20$  л/(с·м<sup>2</sup>) протягом 1-2 хвилин, потім спільне водоповітряне промивання з інтенсивністю подачі повітря  $15-20$  л/(с·м<sup>2</sup>) і води  $3-4$  л/(с·м<sup>2</sup>) протягом 4-5 хвилин і подальша подача однієї води з інтенсивністю  $6-8$  л/(с·м<sup>2</sup>) протягом 4-5 хвилин. При водоповітряному промиванні воду й повітря слід подавати по роздільним трубчастим розподільчим системам або через розподільчі системи зі спеціальними ковпачками.

Водоповітряне промивання рекомендується застосовувати для піщаних фільтрів з системою горизонтального відведення промивної води з пісковловлюючим жолобом, що утворюється двома похилими стінками – відбійною та водозливною. При використанні фільтруючих завантажень з подрібнених антрациту та керамзиту водоповітряне промивання не допускається.

Швидкість руху води в трубопроводах, що подають і відводять воду, призначають  $1,5-2$  м/с. Для видалення повітря з трубопроводу, що подає воду на промивання фільтрів, який розташовується нижче кромки їхніх жолобів, необхідно передбачати стояки-повітряники діаметром  $75-150$  мм.

## **2. Конструктивні типи фільтрів**

Фільтраційні споруди й пристрої застосовують для глибокого очищення (доочищення) комунальних и виробничих стічних вод, що пройшли біологічну або фізико-хімічну очистку.

*Зернисті фільтри з низхідним потоком стічних вод* – це одношарові фільтри з низхідним потоком рідини (рис. 2.1), що застосовуються для доочищення виробничих стічних вод після механічного очищення в схемах з безреагентною

очисткою води або в схемах з коагуляцією для затримання дрібнодисперсних завислих частинок, а також біологічно очищених комунальних стічних вод.

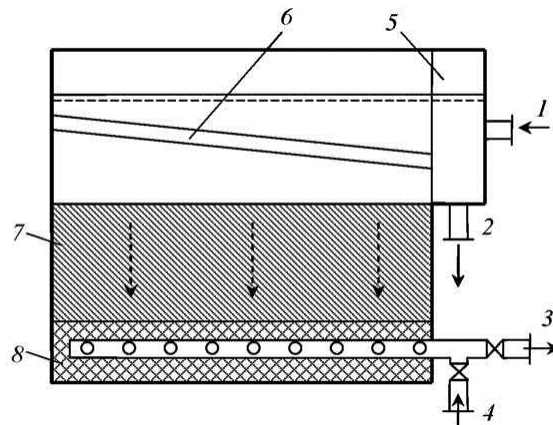


Рис. 2.1 – Схема зернистого фільтра з висхідним потоком стічних вод

1 – подача стічної води; 2 – відведення промивної води; 3 – відведення фільтрату; 4 – подача промивної води; 5 – розподільча кішкуня; 6 – жолоба для розподілу вихідної води та відведення промивної; 7 – пісочне завантаження; 8 – підтримуючий шар

Завантаження фільтра складає кварцовий пісок (крупністю до 2 мм і товщиною шару 1,2-1,3 м) з підтримуючим шаром із гравію (крупністю зерен 2-10 мм і висотою шару 0,5-0,7 м). При наявності місцевого гранітного щебеню завантаження фільтра може проводитися щебенем крупністю 3-10 мм, товщиною шару 1,2 м.

Для регенерації фільтрів передбачається водоповітряне промивання висхідним потоком. Водоповітряне промивання здійснюється в три етапи:

- початкове розпушування верхнього шару завантаження механічним або гідравлічним способом і продування повітрям для вирівнювання гідравлічного опору за всією площею фільтра;
- водоповітряне спільне промивання;
- додаткове промивання водою для розпушення завантаження і відновлення його початкової пористості.

Ефект доочищення для дрібнозернистих фільтрів за вмістом завислих речовин складає 70-75%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 50-60%; для грубозернистих фільтрів з завантаженням із щебеню, відповідно, 45-50% і 35-40%. Фільтроцикл складає 12 годин.

#### *Зернисті фільтри з висхідним потоком стічних вод*

Фільтрування води знизу вгору значно поліпшує умови роботи фільтра, внаслідок реалізації принципу спадної крупності зерен завантаження вздовж потоку (рис. 2.2). Як наслідок, збільшується брудоемність фільтра, тривалість фільтроциклу, виключається можливість замулювання дрібнозернистих шарів завантаження.



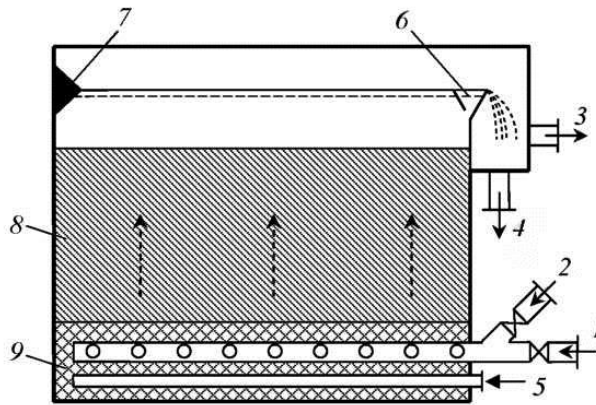


Рис. 2.2 – Схема зернистого фільтра з висхідним потоком стічних вод

1 – подача стічної води; 2 – подача промивної води; 3 – відведення фільтрату; 4 – відведення промивної води; 5 – подача повітря; 6 – пісковловлюючий жолоб; 7 – струминонаправляючий виступ; 8 – фільтруюче завантаження; 9 – підтримуючий шар

Фільтруюче завантаження складається з річкового піску крупністю 1,2-2 мм і висотою шару 1,5-2 м, а також підтримуючого шару гравію товщиною до 0,95 м.

Для регенерації фільтрів передбачається водоповітряне промивання.

Ефект доочищення для таких фільтрів за вмістом завислих речовин складає 70-85%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 50-65%. Недоліком фільтрів з висхідним потоком стічної води є замулювання дренажу, що призводить до ненадійності їхньої роботи і ускладнень в процесі експлуатації.

#### Двошарові зернисті фільтри

В двошарових зернистих фільтрах (рис. 2.3) застосовується принцип фільтрування в напрямку зменшуваної крупності зерен завантаження зверху вниз.

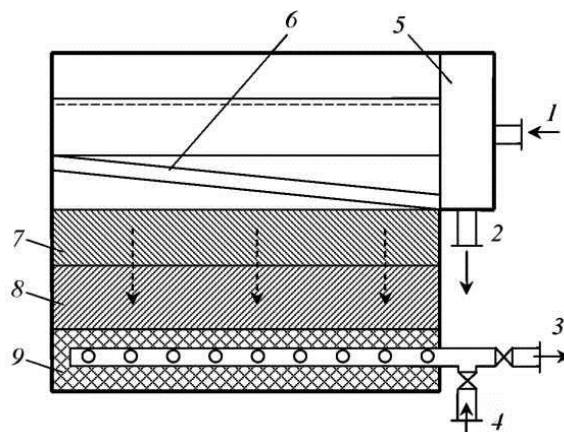


Рис. 2.3 – Схема двошарового зернистого фільтра

1 – подача стічної води; 2 – відведення промивної води; 3 – відведення фільтрату; 4 – подача промивної води; 5 – розподільча кішеня; 6 – жолоба для розподілу стічної води та відведення промивної; 7 – фільтруюче завантаження з антрациту; 8 – фільтруюче завантаження з піску; 9 – підтримуючий шар

Верхній шар завантаження товщиною 0,4-0,5 м складається з кварцового піску крупністю зерен 1,2-2 мм, нижній шар (кварцовий пісок) має товщину 0,6-0,7 м і крупність зерен 0,7-1,6 мм. Крім кварцового піску, в верхніх шарах може бути застосований подрібнений антрацит або керамзит. Підтримуючий шар висотою 0,55-0,8 м складається з гравію крупністю 2-400 мм.

Двошарове завантаження забезпечує більш рівномірний розподіл забруднень за висотою фільтра, збільшення тривалості його роботи. Цикл фільтрування складає 24 години. Промивання фільтрів здійснюється потоком води знизу вгору.

До недоліків роботи таких фільтрів слід віднести складність створення двошарового завантаження, завищений будівельний об'єм фільтра, можливість винесення зерен з верхнього шару завантаження.

Ефект доочищення для таких фільтрів за вмістом завислих речовин складає 70-80%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 60-70%.

### *Аеровані зернисті фільтри*

В аерований зернистий фільтр (рис. 2.4) в процесі фільтрації вводиться і рівномірно розподіляється в товщі завантаження стиснене повітря або кисень, що сприяє інтенсифікації біохімічного процесу всередині фільтра. Процес очищення від забруднень в аерованих зернистих фільтрах відбувається в два етапи. На першому етапі видаляються завислі речовини, на другому – розчинні та колоїдні органічні забруднення.

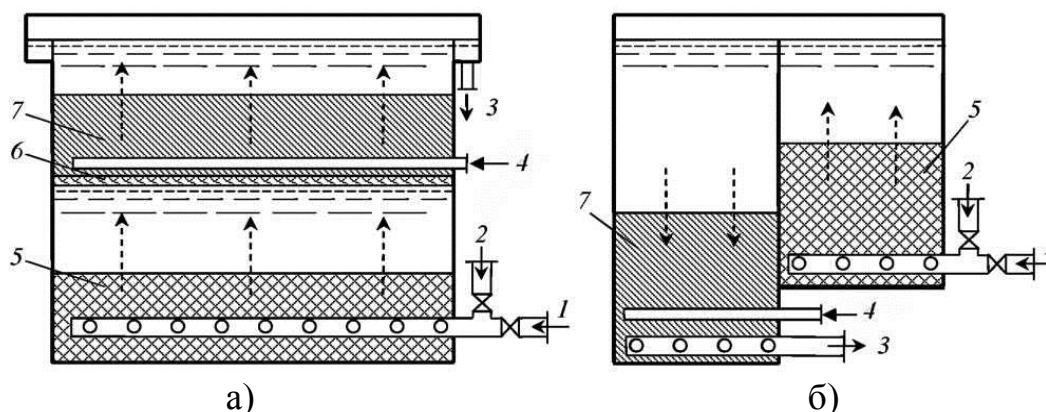


Рис. 2.4 – Схема аерованого зернистого фільтра

а – двохярусного; б – двохступеневого;

1 – подача стічної води; 2 – подача промивної води; 3 – відведення фільтрату та промивної води; 4 – подача повітря; 5 – завантаження першого ярусу (ступеня); 6 – дірчаста перегородка; 7 – завантаження другого ярусу (ступеня)

В якості фільтруючого завантаження застосовується кварцовий пісок крупністю 1-1,8 мм при висоті шару 1 м та гранітний щебінь крупністю зерен 3-6 мм при висоті шару 1-1,5 м. Підтримуючий шар складається з гравію крупністю 2-32 мм і висотою 0,45 м.

Ефект доочищення для таких фільтрів за вмістом завислих речовин складає 80-90%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 75-80%.

До аерованих зернистих фільтрів відносять фільтри «Оксипор», схема якого наведена на рис. 2.5. Вода, що надходить на доочищення в фільтр «Оксипор», подається по трубопроводу через розподільчу воронку та фільтрується зверху вниз. Відведення фільтрату здійснюється за допомогою трубчастої дренажної системи, яка також виконує функцію розподільчої системи для промивної води. Для збору та відведення промивної води передбачається водозбірна кишеня і відповідний водозбірний трубопровід. З метою створення аеробних умов у фільтр монтується трубчаста повітряна розподільча система, яка встановлюється на глибині  $h_a=0,5-0,6$  м від верха фільтруючого завантаження.

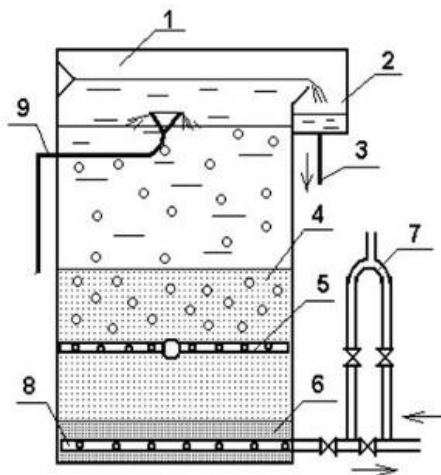


Рис. 2.5 – Схема аерованого фільтра «Оксипор»

1 – корпус фільтра; 2 – кишеня; 3 – відведення промивної води; 4 – зернисте завантаження; 5 – пристрій для подачі та розподілу повітря; 6 – підтримуючий шар; 7 – сифон; 8 – водорозподільча система; 9 – подача стічної води

#### Каркасно-засипні фільтри

За конструкцією каркасно-засипні фільтри (КЗФ) являють собою двошарові фільтри з низхідним потоком стічної води (рис. 2.6).

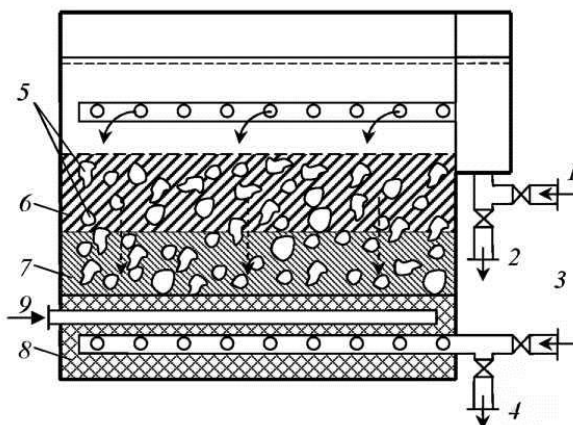


Рис. 2.6 – Схема каркасно-засипного зернистого фільтра

1 – подача стічної води; 2 – відведення промивної води; 3 – подача промивної води; 4 – відведення фільтрату; 5 – гравійний каркас; 6 та 7 – крупно- і дрібнозернисте завантаження; 8 – підтримуючий шар; 9 – подача повітря

Завантаження каркасно-засипного фільтра складається з каркаса, в якості якого використовується гравій або щебінь з розміром фракції 40-60 мм, і засипки, що складається з кварцового піску крупністю 0,8-1 мм. Забруднена вода проходить спочатку через шар каркаса, де очищується від основної маси забруднень, а потім надходить на доочищення в нижні шари завантаження.

До переваг каркасно-засипних фільтрів слід віднести:

- стабільність очищення води при значних коливаннях якісного та кількісного складу стічної води;
- можливість використання контактної коагуляції, яка дозволяє при тій же швидкості фільтрування досягти кінцевих концентрацій завислих речовин 3 мг/л і нафтопродуктів 1-1,5 мг/л.

Тривалість фільтроциклу становить 20 годин. Промивання фільтра може бути водоповітряне або водяне. При водоповітряному промиванні воду в фільтрі спускають до рівня піску, подають повітря та воду для промивання, а потім здійснюється додаткове промивання водою.

Ефект доочищення для таких фільтрів за вмістом завислих речовин складає 70-80%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 70%.

#### *Фільтри з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу*

Останнім часом для фільтрування все більш широко застосовуються полімерні матеріали з пористістю до 95%, які дозволяють суттєво підвищити швидкість фільтрування, тривалість фільтроциклу та скоротити витрати на очищення. Перевагами полімерних фільтрів також є дуже висока брудоемкість, що складає 40-200 кг/м<sup>3</sup> завантаження, невисокі витрати напору, простота конструкції, надійність роботи.

Розроблено декілька конструкцій фільтрів з завантаженням із спіненого полістиролу з розмірами гранул 0,5-12 мм та пор 0,8-1,2 мм, з яких для доочищення стічних вод найбільш ефективними є фільтри марок ФПЗ-3 і ФПЗ-4 (рис. 2.7).

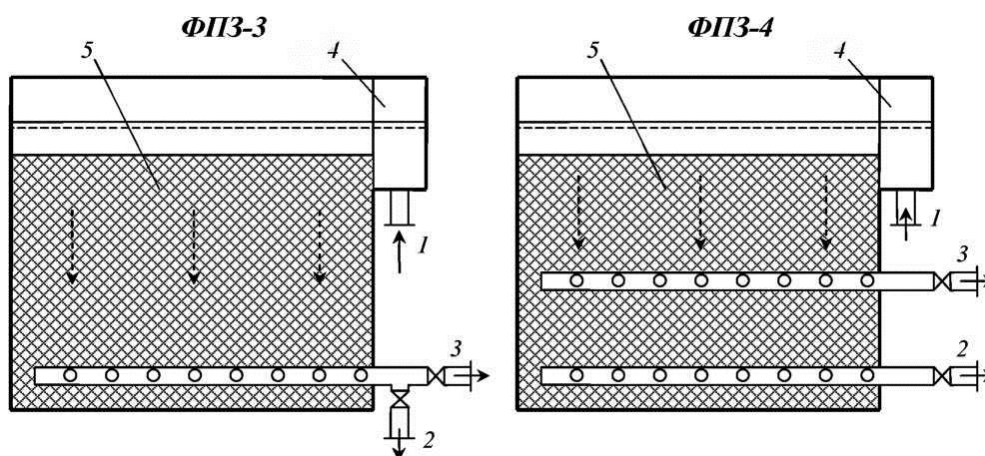


Рис. 2.7 – Схема фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу

1 – подача стічної води; 2 – відведення промивної води; 3 – відведення фільтрату; 4 – розподільча кішеня; 5 – плаваюче завантаження

Вихідна вода по трубопроводу надходить до надфільтрового простору, фільтрується через плаваюче завантаження зверху вниз в напрямку спадної крупності гранул полістиролу. Фільтрат збирається середньою дренажною трубою (в ФПЗ-4) або нижньою трубою (в ФПЗ-3) і виводиться з фільтра.

При досягненні граничних втрат напору, завантаження фільтра промивається. Регенерація плаваючого завантаження здійснюється в низхідному потоці освітленої води. Для цього закривають засувку на подачу стічної води до фільтра і відкривають засувку на відведення фільтрату з фільтра. Вода з фільтрового простору спрямовується вниз, розширюється і відмиває завантаження. При зниженні рівня води в надфільтровому об'ємі до мінімального (2 хвилини або після закінчення відповідного часу) промивання припиняється шляхом закриття засувки на відведення фільтрату з фільтра.

Завантаження фільтрів складається з гранул полістиролу, крупність яких зменшується в напрямку руху рідини, тобто зверху вниз.

Висота шару завантаження становить 1,0-1,2 м. Такі фільтри можна використовувати для доочищення як механічно очищених виробничих стоків (металургійна, хімічна та легка промисловість), так і біологічно очищених міських стічних вод або їх суміші з виробничими водами.

Ефект доочищення для таких фільтрів за вмістом завислих речовин складає 70-85%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 65-75%.

### *Пінополіуретанові фільтри*

Фільтри з пінополіуретановим завантаженням (рис. 2.8) застосовуються для глибокого очищення біологічно очищених стічних вод з ефективністю очищення за вмістом завислих речовин 92-93%, за показником БСК<sub>20</sub> – 50-60% при початковій концентрації завислих речовин 15-35 мг/л.

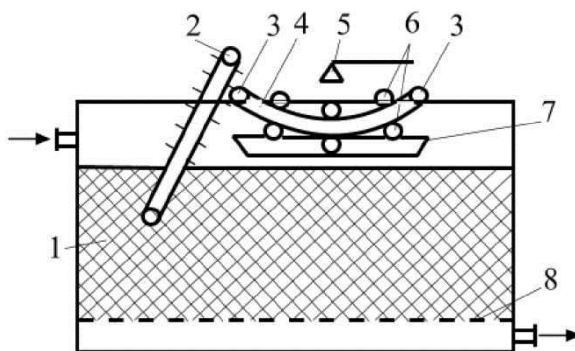


Рис. 2.8 – Схема пінополіуретанового фільтра

1 – шар пінополіуретану; 2 – елеватор; 3 – направляючі ролики; 4 – стрічка; 5 – зрошувач; 6 – віджимні ролики; 7 – ємність; 8 – решітка

Завантаження фільтра – гранульоване, з розмірами гранул 4-6 мм. Щільність завантаження 35-40 кг/м<sup>3</sup>. Початкова висота шару 850 мм. Фільтрування передбачається знизу вгору. Режим промивання водоповітряною сумішшю з протитечієм руху води й повітря.

Розроблено та впроваджено у виробництво фільтри «Полімер» із застосуванням пінополіуретанового завантаження з різною продуктивністю (25-500 м<sup>3</sup>/годину).

В основу розроблених конструкцій фільтра «Полімер» покладені наступні принципи положення: процес очищення стічних вод – безперервний; регенерація фільтруючого завантаження – періодична; напрямок руху стічних вод – зверху вниз; регенерація фільтруючого завантаження передбачається шляхом механічного віджимання з неї вловлених нафтопродуктів на віджимних барабанах; подача завантаження на регенерацію примусова за допомогою елеватора.

Досвід експлуатації фільтрів «Полімер» показує, що їх доцільно застосовувати для очищення малоемулсійних масло-, нафтовмісних стічних вод з попереднім їхнім відстоюванням у піско- і нафтовловлювачах. Очищена на фільтрах «Полімер» вода в ряді випадків може бути використана в технічному водопостачанні промислових підприємств.

#### *Вертикальні напірні фільтри з зернистим завантаженням*

Фільтр (рис. 2.9) складається з циліндричного корпусу, привареними до нього верхнім і нижнім еліптичними штампованими днищами, шару фільтруючого матеріалу, розташованого всередині фільтра і дренажно-розподільчих пристроїв.

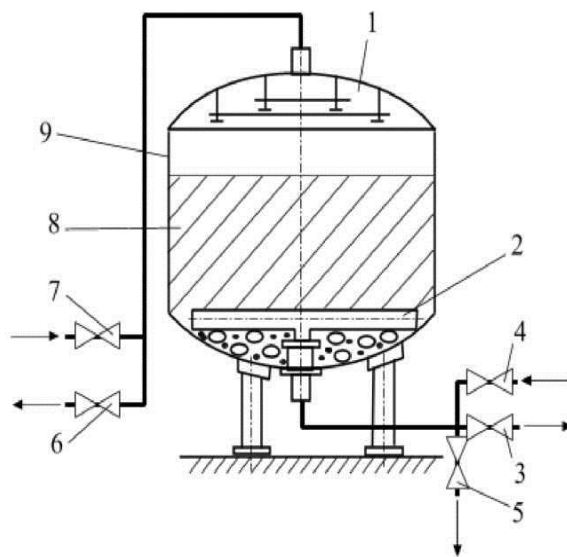


Рис. 2.9 – Схема вертикального напірного фільтра з зернистим завантаженням

1 – верхній розподільчий пристрій; 2 – нижній дренажно-розподільчий пристрій; 3 – фільтрат; 4 – стиснене повітря, промивна вода; 5 – спуск перших порцій фільтрату; 6 – спуск промивної води; 7 – подача стічної води; 8 – фільтруючий шар, 9 – корпус фільтра

Зовні фільтра розташовані трубопроводи подачі та відведення води та стисненого повітря, а також арматура та прилади для управління режимом роботи фільтра.

Найважливішим елементом конструкції вертикального напірного фільтра є дренажно-розподільчі пристрої. Верхній дренажно-розподільчий пристрій призначено для подачі в фільтр і рівномірного розподілу за площею поперечного перетину стічної води, а також для відведення з фільтра промивної води.

Нижній дренажно-розподільчий пристрій призначено для забезпечення рівномірного збору доочищеної води, рівномірного розподілу за площею поперечного перетину промивної води та стисненого повітря.

Конструкція фільтра передбачає наявність шару води (водяної подушки) над шаром фільтруючого матеріалу. Водяна подушка необхідна для того, щоб забезпечити рівномірний розподіл води за площею перетину фільтра та згладити окремі потоки води, що виходить з верхнього дренажно-розподільчого пристрою. Для відведення повітря з фільтра при заповненні останнього водою передбачена труба (повітряник).

### *Сітчасті барабанні фільтри*

Сітчасті барабанні фільтри можуть застосовуватися як самостійні споруди глибокого очищення промислових стічних вод, так і для видалення крупних домішок зі стічної води перед фільтрами з зернистим завантаженням. В першому випадку вони називаються мікрофільтрами, а в другому – барабанными сітками.

Барабанні сітки призначені для попередньої обробки води, що надходить на водопровідні очисні споруди, з метою захисту дірчастих систем, каналів та трубопроводів від засмічення грубодисперсними частинками.

Барабанні сітки типа БСБ (рис. 2.10) призначені для механічного очищення міських стічних вод на станціях аерації з метою затримання грубодисперсних домішок, а також для використання в схемах доочищення біологічно очищених міських стічних вод на фільтрах з зернистим завантаженням для вилучення з води крупних домішок, що плавають. БСБ, що застосовуються в схемах доочищення стічних вод перед фільтрувальними спорудами, повністю видаляють крупні домішки та забезпечують нормальну роботу фільтрів з зернистим завантаженням.

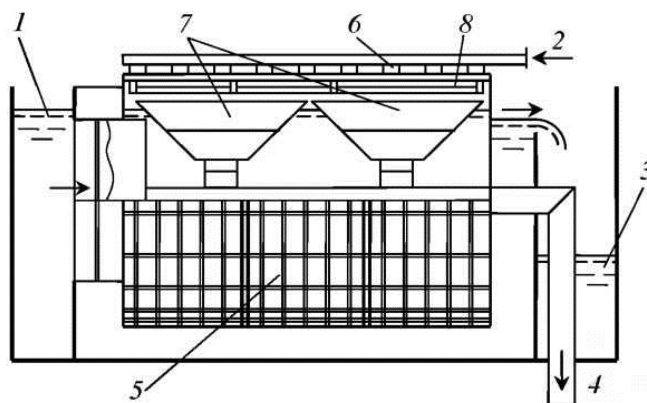


Рис. 2.10 – Схема барабанної сітки

1 – канал подачі стічної води; 2 – подача промивної води; 3 – канал відведення фільтрату; 4 – відведення промивної води; 5 – барабан; 6 – промивні пристрої; 7 – бункери для збору промивної води; 8 – бактерицидні лампи

Основним конструктивним елементом барабанних сіток є обертовий барабан, на поверхні якого знаходяться фільтруючі елементи. Стічна вода надходить в торцеву частину барабана і виходить радіально, фільтруючись через сітку. Домішки затримуються як на сітці, так і на шарі осаду, що утворюється.

Робоча сітка виготовляється з нержавіючої сталі, латуні або капрону. Крім робочої сітки, передбачається підтримуюча сітка. Для запобігання обростання, поверхня барабана опромінюється бактерицидними лампами.

Промивання сіток здійснюється періодично 8-12 разів на добу очищеною на них же водою за допомогою промивних пластинчастих пристроїв.

Важливою умовою застосування барабанних сіток є відсутність в стічній воді речовин, які можуть ускладнювати промивання, тобто смол, олій, жирів, нафтопродуктів тощо. Крім того, вміст завислих речовин в стічних водах не повинен перевищувати 250 мг/л.

Мікрофільтри (рис. 2.11) рекомендується використовувати в тих випадках, коли допускається менший ступінь очищення стічних вод від дрібнодисперсних завислих речовин, у порівнянні з ефективністю очищення на зернистих фільтрах.

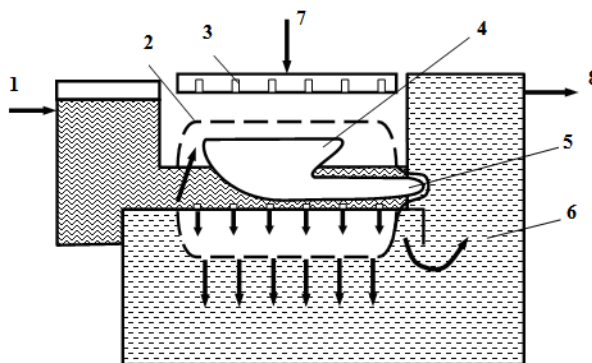


Рис. 2.11 – Схема мікрофільтра

1 – подача стічної води; 2 – обертовий барабан; 3 – пристрій для промивання мікрофільтра; 4 – лоток для збору промивної води; 5 – труба для відведення промивної води; 6 – камера для видалення доочищеної води; 7 – подача промивної води; 8 – відведення доочищеної води

Мікрофільтри призначені для доочищення біологічно очищених міських стічних вод з метою зниження вмісту завислих і частково колоїдних речовин. Для забезпечення нормальної роботи мікрофільтрів вміст завислих речовин у воді, що надходить на них, повинен бути не більшим 40 мг/л.

За конструкцією мікрофільтри аналогічні барабанним сіткам. Відмінність полягає лише в робочій сітці. У мікрофільтрі застосовують робочі сітки галунного сплетіння з нержавіючої сталі.

Передбачається підтримуюча сітка.

Промивання мікрофільтрів здійснюється постійно.

Ефект доочищення в мікрофільтрах за вмістом завислих речовин складає 50-60%, за показником БСК<sub>повн</sub> – 25-30%, в барабанних сітках, відповідно, 20-25% і 5-10%.



В табл. 2.1 наведено характеристику основних типів фільтрів та показники ефективності їхнього очищення.

Таблиця 2.1 – Галузь застосування фільтрів і ефективність їхнього очищення

Тип фільтра	Галузь застосування фільтра	Ефективність очищення, %	
		за БСК <sub>повн</sub>	за завислими речовинами
Одношарові дрібнозернисті з низхідним потоком	Доочищення виробничих стічних вод після механічного очищення для затримання дрібнодисперсних завислих частинок, а також біологічно очищених міських стічних вод	50-60	70-75
Одношарові крупнозернисті з низхідним потоком		35-40	45-50
Одношарові з висхідним потоком		50-65	70-85
Двошарові	Доочищення виробничих або побутових стічних вод, які не містять волокнистих домішок і речовин, що клеяться	60-70	70-80
Аеровані	Глибоке видалення колоїдних і розчинених органічних забруднень	75-80	80-90
Каркасно-засипні	Доочищення виробничих або біологічно очищених міських стічних вод, загального стоку машинобудівних заводів	70	70-80
З плаваючим завантаженням	Доочищення механічно очищених виробничих стічних вод (металургійна, хімічна та легка промисловість), а також біологічно очищених міських стічних вод	65-75	70-85
Пінополіуретанові	Для доочищення стічних вод від завислих речовин, нафтопродуктів та олій, які знаходяться у вигляді нестійких емульсій та мають рН=6-9, концентрацією до 150 мг/л	-	92-93*
Вертикальні напірні з зернистим завантаженням	Для доочищення стічних вод від завислих речовин, концентрацією до 60 мг/л, та нафтопродуктів, концентрацією до 80 мг/л	-	70-85**

Тип фільтра	Галузь застосування фільтра	Ефективність очищення, %	
		за БСК <sub>повн</sub>	за завислими речовинами
Мікрофільтри	При допустимому меншому ступені очищення, в порівнянні з зернистими фільтрами, або для доочищення стічних вод після фільтрів з зернистим завантаженням	25-30	50-60
Барабанні сітки	В якості попереднього ступеня очищення перед фільтрами з зернистими завантаженням	5-10	20-25

\* Ефективність доочищення стічних вод у пінополіуретанових фільтрах за вмістом олій та нафтопродуктів складає  $E_{\text{нафта}}=E_{\text{олія}}=92-93\%$ .

\*\* Ефективність доочищення стічних вод у вертикальних напірних фільтрах з зернистим завантаженням за вмістом нафтопродуктів складає  $E_{\text{нафта}}=75-90\%$ .

### 3. Порядок розрахунку фільтрів доочищення стічних вод

Перед тим, як обрати тип фільтра, за допомогою якого буде проводитися доочищення стічних вод, визначається необхідний ступінь глибокого очищення за вмістом завислих речовин і показником біологічного споживання кисню БСК<sub>повн</sub> за формулами:

$$E_{\text{завис}} = \left( \frac{C_{\text{поч}}^{\text{завис}} - C_{\text{вих}}^{\text{завис}}}{C_{\text{поч}}^{\text{завис}}} \right) \cdot 100, \% \quad (1)$$

$$E_{\text{БСК}} = \left( \frac{C_{\text{поч}}^{\text{БСК}} - C_{\text{вих}}^{\text{БСК}}}{C_{\text{поч}}^{\text{БСК}}} \right) \cdot 100, \% \quad (2)$$

$C_{\text{поч}}^{\text{завис}}$ ,  $C_{\text{поч}}^{\text{БСК}}$  – початкова концентрація завислих речовин та значення показника БСК<sub>повн</sub> в стічних водах, що надходять на доочищення в фільтри, мг/л;

$C_{\text{вих}}^{\text{завис}}$ ,  $C_{\text{вих}}^{\text{БСК}}$  – концентрація завислих речовин та значення показника БСК<sub>повн</sub> в стічних водах після доочищення в фільтрах, мг/л.

В залежності від умов застосування фільтрів і розрахованих величин необхідної ефективності доочищення стічних вод за вмістом завислих речовин і показником БСК<sub>повн</sub>, за табл. 2.1 обирається необхідний тип фільтра. Потім проводиться розрахунок відповідно до обраного типу фільтра.

### 3.1. Порядок розрахунку одношарових фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням

Розрахунок одношарових фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.1.

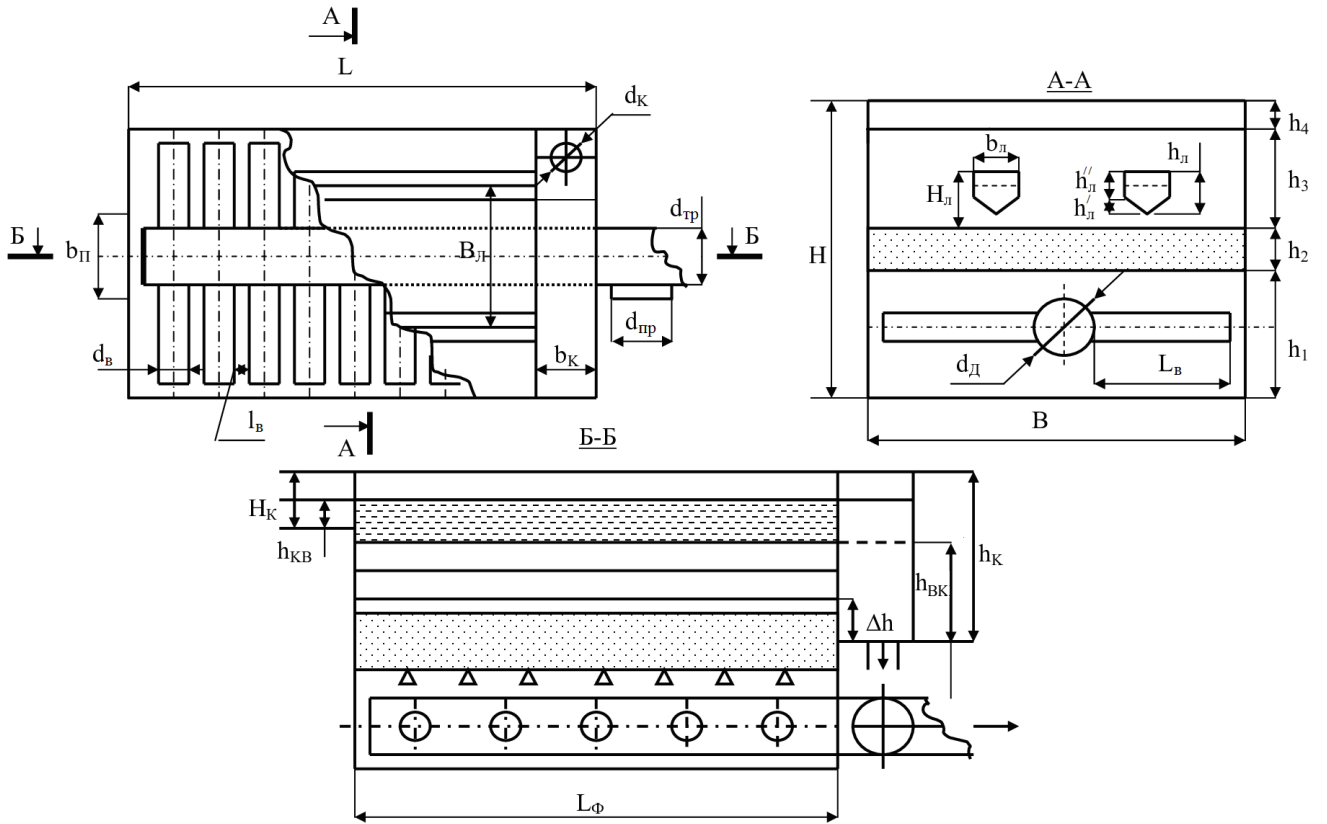


Рис. 3.1 – Розрахункова схема одношарових фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням

Основні розрахункові характеристики фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням наведено в табл. А.1.1-А.1.3 Додатка А.

Одношарові фільтри з дрібнозернистим піщаним завантаженням відносяться до фільтрів з низхідним потоком стічних вод, для яких передбачається водяне (одноступеневе) або водоповітряне (трьохступеневе) промивання фільтруючого завантаження. Найчастіше застосовується водоповітряне (трьохступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

1. Необхідна площа фільтрів при водоповітряному (трьохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{доба}}}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot n_{\text{пром}} \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n_{\text{пром}} \cdot t_4 \cdot V_H}, \text{ м}^2, \quad (3)$$

$Q_{\text{доба}}$  – витрати стічних вод, що надходять на доочищення в фільтри за добу та визначаються за формулою:

$$Q_{\text{доба}} = q_c \cdot 3600 \cdot 24, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (4)$$

$q_c$  – середньосекундні витрати стічних вод, що надходять на доочищення в фільтри,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$T$  – тривалість роботи станції очищення впродовж доби, години;

$V_H$  – швидкість фільтрування при нормальному режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.1.1 Додатка А;

$w_1$  – інтенсивність первісного розпушування верхнього шару завантаження фільтра (подачі повітря),  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ;

$t_1$  – тривалість подачі повітря (розпушування), години;

$w_2$  – інтенсивність подачі води для водоповітряного промивання,  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ;

$t_2$  – тривалість водоповітряного промивання, години;

$w_3$  – інтенсивність подачі води на відмивання фільтра,  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ;

$t_3$  – тривалість відмивання фільтра водою, години;

$t_4$  – час простою фільтра у зв'язку з промиванням ( $t_4=0,33$  години при промиванні водою,  $t_4=0,5$  години при промиванні водою та повітрям);

$n_{\text{пром}}$  – кількість промивань одного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації, що визначається за формулою:

$$n_{\text{пром}} = \frac{24}{t_{\phi}}, \quad (5)$$

$t_{\phi}$  – тривалість фільтроциклу при робочому (нормальному) режимі експлуатації, яку рекомендується приймати  $t_{\phi}=8-12$  годин.

Отримане значення  $n_{\text{пром}}$  округляється до максимально цілого числа. Зазвичай величина  $n_{\text{пром}}$  дорівнює 2 або 3.

Значення  $w_1, t_1, w_2, t_2, w_3, t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.1.2 Додатка А. Крім того, значення  $t_1, t_2, t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

2. Кількість фільтрів визначається за формулою:

$$N_{\phi} = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}}, \text{ штуки.} \quad (6)$$

Отримане значення  $N_{\phi}$  округляється до максимально цілого числа.

Кількість фільтрів на станції очищення продуктивністю  $Q_{\text{доба}} \leq 1600 \text{ м}^3/\text{добу}$  повинна бути не меншою двох. При  $Q_{\text{доба}} \geq 1600 \text{ м}^3/\text{добу}$  кількість фільтрів повинна бути не меншою чотирьох.

3. Площа одного фільтра визначається за формулою:

$$F_1 = \frac{F_{\phi}}{N_{\phi}}, \text{ м}^2. \quad (7)$$

Площа одного фільтра не повинна перевищувати  $100-120 \text{ м}^2$ . Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати кількість фільтрів  $N_{\phi}$  та здійснювати перерахунок.

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані.

Ширина фільтра визначається за формулою:

$$B = \sqrt{\frac{F_1}{K_L}}, \text{ м,} \quad (8)$$

$K_L$  – коефіцієнт, який рекомендується приймати  $K_L=1-1,5$ .

Отримане значення  $B$  округляється до першого знака після коми.

Довжина робочої частини фільтра визначається за формулою:

$$L_\phi = K_L \cdot B, \text{ м.} \quad (9)$$

Отримане значення  $L_\phi$  округляється до першого знака після коми.

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.1.1 Додатка А) приймається висота фільтруючого шару  $h_2=$ \_\_\_\_\_ м.

Підтримуючий шар – гравій. Загальна висота підтримуючого шару приймається в залежності від крупності зерен завантаження за табл. А.1.3

Додатка А, тобто  $h_1 = \sum h_{n.ш.}^i = h_{n.ш.}^1 + h_{n.ш.}^2 + h_{n.ш.}^3 + h_{n.ш.}^4 =$ \_\_\_\_\_ м.

6. Загальна глибина фільтра визначається за формулою:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м,} \quad (10)$$

$h_3$  – висота шару води над поверхнею шару фільтруючого завантаження, яку рекомендується приймати  $h_3 \geq 2$  м;

$h_4$  – перевищення будівельної висоти над розрахунковим рівнем води, яке рекомендується приймати  $h_4 \geq 0,5$  м.

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації визначається за формулою:

$$V'_\phi = V_n \cdot \frac{N_\phi}{N_\phi - N_p}, \text{ м/ГОДИНУ,} \quad (11)$$

$N_p$  – кількість фільтрів, що знаходяться в ремонті. При  $N_\phi < 20$  приймають  $N_p=1$ ; при  $N_\phi \geq 20$  –  $N_p=2$ .

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.1.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\%,$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.1.1 Додатка А. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

8. Діаметр трубопроводу, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою:

$$D_{mp} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot v_{mp}}}, \text{ м,} \quad (12)$$

$v_{mp}$  – швидкість руху води в колекторі, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, яку рекомендується приймати  $v_{mp}=0,8-1,5$  м/с.

Отримане значення  $D_{mp}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

9. Діаметр трубопроводу, що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою:

$$d_{mp} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_\phi \cdot v_{mp}}}, \text{ м.} \quad (13)$$

Отримане значення  $d_{mp}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

10. Значення швидкостей руху води в колекторі, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр), уточнюються за формулами:

$$(v_{mp})' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot (D_{mp})^2}, \text{ м/с;} \quad (14)$$

$$(v_{mp})' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_\phi \cdot (d_{mp})^2}, \text{ м/с.} \quad (15)$$

Отримані значення  $(v_{mp})'$  повинні відповідати рекомендованому діапазону  $v_{mp}=0,8-1,5$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $D_{mp}$  ( $d_{mp}$ ) та здійснювати перерахунок.

11. Ширина водорозподільчого каналу фільтра визначається за формулою:

$$B_k = K_n \cdot d_{mp}, \text{ м,} \quad (16)$$

$K_n$  – коефіцієнт запасу, який рекомендується приймати  $K_n=1,1-1,25$ .

Отримане значення  $B_k$  округляється до першого знака після коми.

12. Глибина води у водорозподільчому каналі (у каналі, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри) визначається за формулою:

$$h_{кв} = h_{нев} = \frac{q_c}{B_k \cdot v_{кан}}, \text{ м,} \quad (17)$$

$v_{кан}$  – швидкість руху води в каналі, яку рекомендується приймати  $v_{кан}=0,8-1,5$  м/с (бажано, щоб значення  $v_{кан}=v_{mp}$ ).

Отримане значення  $h_{кв}$  ( $h_{нев}$ ) округляється до першого знака після коми.

13. Глибини водорозподільчого каналу (каналу, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри) визначаються за формулами:

$$H_k = h_{кв} + h_4, \text{ м;} \quad (18)$$

або

$$H_n = h_{нев} + h_4, \text{ м.} \quad (19)$$

14. Ширина каналу, що підводить стічну воду на доочищення в фільтр, визначається за формулою:

$$b_n = \frac{q_c}{N_\phi \cdot h_{нев} \cdot v_{кан}}, \text{ м.} \quad (20)$$

Отримане значення  $b_n$  округляється до першого знака після коми.

### 15. Розрахунок дренажної (розподільчої) системи фільтра.

Дренажна (розподільча) система в фільтрах (рис. 3.2) призначена, як для збору та відведення фільтрату (доочищеної води), так і для рівномірного розподілу промивної води за площею фільтра.

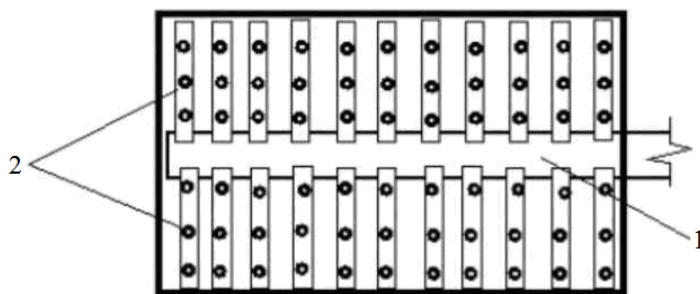


Рис. 3.2 – Дренажна (розподільча) система фільтра

1 – колектор розподільчої системи; 2 – відгалуження розподільчої системи (дірчасті труби)

15.1. Витрати промивної води визначаються за формулою:

$$q_{np} = \frac{F_1 \cdot w_{вода}}{1000}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (21)$$

$W_{вода}$  – інтенсивність подачі води на промивання фільтруючого завантаження,  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ . Для визначення витрат промивної води з таблиці, в якій наведено характеристику режимів промивання даного типа фільтра (Додаток А), обирається найбільше значення інтенсивності.

15.2. Діаметр колектора дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$d_{\delta} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot v_{\delta}}}, \text{ м}, \quad (22)$$

$v_{\delta}$  – швидкість руху промивної води на початку колектора дренажної (розподільчої) системи фільтра, яку рекомендується приймати  $v_{\delta}=1,5-2,0$  м/с.

Отримане значення  $d_{\delta}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

15.3. Значення швидкості руху промивної води на початку колектора дренажної (розподільчої) системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(v_{\delta})' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot (d_{\delta})^2}, \text{ м/с}. \quad (23)$$

Отримане значення  $(v_{\delta})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{\delta}=1,5-2,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\delta}$  та здійснювати перерахунок.

15.4. Кількість відгалужень дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$N_{\epsilon} = \frac{2 \cdot L_{\phi}}{l_{\epsilon}}, \text{ штуки,} \quad (24)$$

$l_{\epsilon}$  – відстань між відгалуженнями дренажної (розподільчої) системи фільтра, яку рекомендується приймати  $l_{\epsilon}=0,25-0,35$  м.

Отримане значення  $N_{\epsilon}$  округляється до парного цілого числа, тому що відгалуження розташовуються з двох сторін центрального колектора дренажної (розподільчої) системи фільтра (див. рис. 3.2). Таким чином, з кожної сторони колектора дренажної (розподільчої) системи фільтра розміщують  $\frac{N_{\epsilon}}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$  штук відгалужень.

15.5. Відстань між відгалуженнями дренажної (розподільчої) системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(l_{\epsilon})' = \frac{2 \cdot L_{\phi}}{N_{\epsilon}}, \text{ м.} \quad (25)$$

Отримане значення  $(l_{\epsilon})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_{\epsilon}=0,25-0,35$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість відгалужень дренажної (розподільчої) системи фільтра  $N_{\epsilon}$  та здійснювати перерахунок.

15.6. Діаметр відгалужень дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$d_{\epsilon} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot N_{\epsilon} \cdot v_{\epsilon}}}, \text{ м,} \quad (26)$$

$v_{\epsilon}$  – швидкість руху промивної води на початку відгалужень дренажної (розподільчої) системи фільтра, яку рекомендується приймати  $v_{\epsilon}=1,5-2,0$  м/с (бажано, щоб значення  $v_{\epsilon}=(v_{\delta})'$ ).

Отримане значення  $d_{\epsilon}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

15.7. Значення швидкості руху промивної води на початку відгалужень дренажної (розподільчої) системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(v_{\epsilon})' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot N_{\epsilon} \cdot (d_{\epsilon})^2}, \text{ м/с.} \quad (27)$$

Отримане значення  $(v_{\epsilon})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{\epsilon}=1,5-2,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\epsilon}$  та здійснювати перерахунок.

15.8. Довжина відгалужень дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$L_{\epsilon} = 0,9 \cdot \left( \frac{B - d_{\delta}}{2} \right), \text{ м.} \quad (28)$$

Отримане значення  $L_{\epsilon}$  округляється до першого знака після коми.



15.9. Загальна площа всіх отворів у відгалуженнях дренажної (розподільчої) системи складає 0,18-0,22% від робочої площі фільтра.

Необхідна сумарна площа всіх отворів у відгалуженнях дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$\sum f_o = \frac{(0,18 \div 0,22) \cdot F_1}{100}, \text{ м}^2. \quad (29)$$

15.10. Приймається діаметр одного отвору на відгалуженні дренажної (розподільчої) системи фільтра, величину якого рекомендується приймати  $d_o=10-12 \text{ мм}=0,01-0,012 \text{ м}$ .

15.11. Площа одного отвору на відгалуженні дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$f_o = \frac{\pi \cdot (d_o)^2}{4}, \text{ м}^2. \quad (30)$$

15.12. Загальна кількість отворів у дренажній (розподільчій) системі фільтра визначається за формулою:

$$\sum n_o = \frac{\sum f_o}{f_o}, \text{ штуки}. \quad (31)$$

Отримане значення  $\sum n_o$  округляється до максимально цілого числа.

15.13. Кількість отворів на одному відгалуженні дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$n_o = \frac{\sum n_o}{N_\epsilon}, \text{ штуки}. \quad (32)$$

Отримане значення  $n_o$  округляється до парного цілого числа, тому що отвори розташовуються з двох сторін одного відгалуження. Таким чином, з кожної сторони відгалуження дренажної (розподільчої) системи фільтра розміщують

$$\frac{n_o}{2} = \text{___} \text{ штук отворів.}$$

15.14. Відстань між віссю отворів на одному відгалуженні дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$r_o = \frac{L_\epsilon}{n_o}, \text{ м}. \quad (33)$$

Отримане значення  $r_o$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $r_o=0,15-0,2 \text{ м}$ . Якщо отримане значення  $r_o$  не відповідає рекомендованому діапазону, необхідно збільшувати (зменшувати) діаметр одного отвору на відгалуженні дренажної (розподільчої) системи фільтра  $d_o$  (або змінювати (зменшувати чи збільшувати) відсоток загальної площі всіх отворів у відгалуженнях дренажної (розподільчої) системи фільтра) та здійснювати перерахунок.

Отвори на відгалуженнях дренажної (розподільчої) системи фільтра розташовуються в два ряди в шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі.

16. Кількість лотків (жолобів) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою:

$$N_l = \frac{B}{B_l}, \text{ штуки,} \quad (34)$$

$B_l$  – відстань між віссю сусідніх лотків (жолобів), яку рекомендується приймати  $B_l=1,4-2,2$  м.

Отримане значення  $N_l$  округляється до максимально цілого числа.

Таким чином, відстань між віссю сусідніх лотків (жолобів) складає

$B_l = \frac{B}{N_l} = \text{---}$  м. Отримане значення  $B_l$  повинно знаходитися в межах рекомендованого діапазону  $B_l=1,4-2,2$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість лотків (жолобів)  $N_l$  та здійснювати перерахунок.

17. Ширина лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою:

$$b_l = K_l \cdot \sqrt[5]{\frac{\left(\frac{q_{np}}{N_l}\right)^2}{(1,57 + a)^3}}, \text{ м,} \quad (35)$$

$K_l$  – коефіцієнт, що враховує форму лотка (жолоба) (рис. 3.3) та дорівнює для лотків (жолобів) п'ятикутного перетину  $K_l=2,1$ , для лотків (жолобів) напівкруглого перетину –  $K_l=2$ ;

$a$  – відношення висоти прямокутної частини лотка (жолоба) до половини його ширини, яке рекомендується приймати  $a=1,0-1,5$ .

Отримане значення  $b_l$  округляється до першого знака після коми.

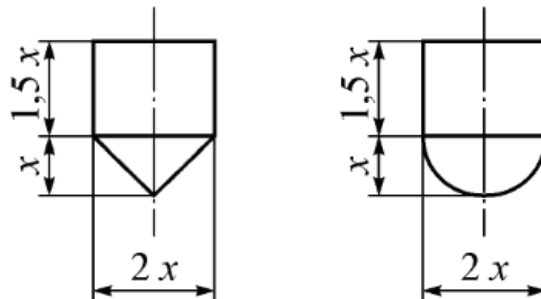


Рис. 3.3 – Перетини лотків (жолобів) різних конструкцій

18. Висота прямокутної частини лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою:

$$h''_l = 0,75 \cdot b_l, \text{ м.} \quad (36)$$

Отримане значення  $h''_l$  округляється до першого знака після коми.

19. Корисна висота лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою:

$$h_l = 1,25 \cdot b_l, \text{ м.} \quad (37)$$

Отримане значення  $h_l$  округляється до першого знака після коми.

20. Висота трикутної (напівкруглої) частини лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою:

$$h'_l = h_l - h''_l, \text{ м.} \quad (38)$$

21. Конструктивна висота лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної з врахуванням товщини стінки визначається за формулою:

$$h^k_l = h_l + 0,08, \text{ м.} \quad (39)$$

22. Повна глибина лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної біля водозбірної кишені визначається за формулою:

$$h_{лк} = h^k_l + L_{\phi} \cdot i, \text{ м,} \quad (40)$$

$i$  – ухил лотка (жолоба) в бік водозбірної кишені, що дорівнює  $i=0,01$ .

Отримане значення  $h_{лк}$  округляється до першого знака після коми.

23. Висота розташування кромки лотків (жолобів) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної над поверхнею фільтруючого завантаження визначається за формулою:

$$H_l = \frac{h_2 \cdot e}{100} + 0,3, \text{ м,} \quad (41)$$

$e$  – відносне розширення фільтруючого завантаження при промиванні фільтра, яке рекомендується приймати: для фільтрів з дрібнозернистим завантаженням  $e=45\%$ ; для фільтрів з середньозернистим завантаженням  $e=30\%$ ; для фільтрів з грубозернистим завантаженням  $e=25\%$ ; для фільтрів з двошаровим завантаженням  $e=50\%$ .

Якщо  $H_l < h^k_l$ , то приймається умова, що відстань від низу лотка (жолоба) до верха фільтруючого завантаження повинна дорівнювати  $\Delta h^k_l = 0,05-0,06$  м, тобто

$$H_l = h^k_l + \Delta h^k_l, \text{ м.} \quad (42)$$

Отримане значення  $H_l$  округляється до першого знака після коми.

24. Діаметр трубопроводу відведення промивної води визначається за формулою:

$$d_{np} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot v_{np}}}, \text{ м}, \quad (43)$$

$v_{np}$  – швидкість руху промивної води в кінці трубопроводу, яку рекомендується приймати  $v_{np}=1,0-1,5$  м/с.

Отримане значення  $d_{np}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

25. Значення швидкості руху промивної води в кінці трубопроводу уточнюється за формулою:

$$(v_{np})' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot (d_{np})^2}, \text{ м/с}. \quad (44)$$

Отримане значення  $(v_{np})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{np}=1,0-1,5$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{np}$  та здійснювати перерахунок.

26. Ширина водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$b_k = K_n \cdot d_{np}, \text{ м}, \quad (45)$$

$K_n$  – коефіцієнт запасу, який рекомендується приймати  $K_n=1,1-1,25$ .

Отримане значення  $b_k$  округляється до першого знака після коми.

27. Глибина промивної води у водозбірній кишені фільтра визначається за формулою:

$$h_{вк} = \frac{q_{np}}{b_k \cdot (v_{np})'}, \text{ м}. \quad (46)$$

Отримане значення  $h_{вк}$  округляється до першого знака після коми.

28. Відстань від днища лотка (жолоба) для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної до днища водозбірної кишені визначається за формулою:

$$\Delta h = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{(q_{np})^2}{(b_k)^2 \cdot g}} + 0,2, \text{ м}. \quad (47)$$

Отримане значення  $\Delta h$  округляється до першого знака після коми.

29. Площа поперечного перетину водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$f_k = b_k \cdot \Delta h, \text{ м}^2. \quad (48)$$

30. Швидкість руху промивної води в кінці водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$V_k = \frac{q_{np}}{f_k}, \text{ м/с}. \quad (49)$$

Отримане значення  $V_k$  повинно відповідати рекомендованій величині  $V_k \geq 0,8$  м/с.

31. Повна глибина водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$h_k = h_{лк} + \Delta h + h_4, \text{ м.} \quad (50)$$

32. Повна довжина фільтра визначається за формулою:

$$L = L_\phi + b_k, \text{ м.} \quad (51)$$

33. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах визначається за формулою:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot v_k}}, \text{ м,} \quad (52)$$

$v_k$  – швидкість руху доочищеної води в кінці трубопроводу, яку рекомендується приймати  $v_k=1,0-1,5$  м/с.

Отримане значення  $D_k$  округляється до стандартного розміру діаметра.

34. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в одному фільтрі визначається за формулою:

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_\phi \cdot v_k}}, \text{ м.} \quad (53)$$

Отримане значення  $d_k$  округляється до стандартного розміру діаметра.

35. Значення швидкостей руху води в кінці трубопроводу для відведення після її доочищення в фільтрах (одному фільтрі) уточнюються за формулами:

$$(v_k)' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot (D_k)^2}, \text{ м/с;} \quad (54)$$

$$(v_k)' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_\phi \cdot (d_k)^2}, \text{ м/с.} \quad (55)$$

Отримані значення  $(v_k)'$  повинні відповідати рекомендованому діапазону  $v_k=1,0-1,5$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $D_k$  ( $d_k$ ) та здійснювати перерахунок.

36. Розрахунок повітряної розподільчої системи фільтра.

36.1. Витрати повітря визначаються за формулою:

$$q_{\text{повітря}} = \frac{F_1 \cdot w_{\text{повітря}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{с,} \quad (56)$$

$W_{\text{повітря}}$  – інтенсивність подачі повітря, значення якої обирається з таблиці, в якій наведено характеристику режимів промивання даного типу фільтра (Додаток А),  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ .

36.2. Діаметр колектора повітряної розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$d_\delta^n = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{повітря}}}{\pi \cdot v_{\text{повітря}}}}, \text{ м,} \quad (57)$$

$v_{\text{повітря}}$  – швидкість руху повітря на вході в колектор повітряної розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $v_{\text{повітря}}=7-10$  м/с.

Отримане значення  $d_{\delta}^n$  округляється до стандартного розміру діаметра.

36.3. Значення швидкості руху повітря на вході в колектор повітряної розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(v_{\text{повітря}})' = \frac{4 \cdot q_{\text{повітря}}}{\pi \cdot (d_{\delta}^n)^2}, \text{ м/с.} \quad (58)$$

Отримане значення  $(v_{\text{повітря}})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{\text{повітря}}=7-10$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\delta}^n$  та здійснювати перерахунок.

36.4. Кількість відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$N_{\epsilon}^n = \frac{2 \cdot L_{\phi}}{l_{\epsilon}}, \text{ штуки,} \quad (59)$$

$l_{\epsilon}$  – відстань між відгалуженнями повітряної розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $l_{\epsilon}=0,25-0,35$  м.

Отримане значення  $N_{\epsilon}^n$  округляється до парного цілого числа, тому що відгалуження розташовуються з двох сторін повітряної розподільчої системи фільтра. Таким чином, з кожної сторони колектора повітряної розподільчої системи фільтра розміщують  $\frac{N_{\epsilon}^n}{2} = \text{---}$  штук відгалужень.

36.5. Відстань між відгалуженнями повітряної розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(l_{\epsilon})' = \frac{2 \cdot L_{\phi}}{N_{\epsilon}^n}, \text{ м.} \quad (60)$$

Отримане значення  $(l_{\epsilon})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_{\epsilon}=0,25-0,35$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра  $N_{\epsilon}^n$  та здійснювати перерахунок.

36.6. Діаметр відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$d_{\epsilon}^n = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{повітря}}}{\pi \cdot N_{\epsilon}^n \cdot v_{\epsilon}^n}}, \text{ м,} \quad (61)$$

$v_{\epsilon}^n$  – швидкість руху повітря на вході до відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $v_{\epsilon}^n=13-17$  м/с.

Отримане значення  $d_{\epsilon}^n$  округляється до стандартного розміру діаметра.

36.7. Значення швидкості руху повітря на вході до відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$\left(v_{\varepsilon}^n\right) = \frac{4 \cdot q_{\text{повітря}}}{\pi \cdot N_{\varepsilon}^n \cdot \left(d_{\varepsilon}^n\right)^2}, \text{ м/с.} \quad (62)$$

Отримане значення  $\left(v_{\varepsilon}^n\right)$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{\varepsilon}^n = 13-17$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\varepsilon}^n$  та здійснювати перерахунок.

36.8. Довжина відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_{\varepsilon}^n = 0,9 \cdot \left(\frac{B - d_{\varepsilon}^n}{2}\right), \text{ м.} \quad (63)$$

Отримане значення  $L_{\varepsilon}^n$  округляється до першого знака після коми.

36.9. Кількість отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_o^n = \frac{L_{\varepsilon}^n}{l_o^n}, \text{ штуки,} \quad (64)$$

$l_o^n$  – відстань між віссю отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $l_o^n = 0,1-0,18$  м.

Отримане значення  $n_o^n$  округляється до парного цілого числа, тому що отвори розташовуються з двох сторін одного відгалуження. Таким чином, з кожної сторони відгалуження повітряної розподільчої системи фільтра розміщують  $\frac{n_o^n}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$  штук отворів.

36.10. Відстань між віссю отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$\left(l_o^n\right) = \frac{L_{\varepsilon}^n}{n_o^n}, \text{ м.} \quad (65)$$

Отримане значення  $\left(l_o^n\right)$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_o^n = 0,1-0,18$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра  $n_o^n$  та здійснювати перерахунок.

36.11. Діаметр отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$d_o^n = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{повітря}}}{\pi \cdot N_e^n \cdot n_o^n \cdot v_o^n}}, \text{ м}, \quad (66)$$

$v_o^n$  – швидкість виходу повітря з отворів повітряної розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $v_o^n = 40-50$  м/с.

Отримане значення  $d_o^n$  округляється до стандартного розміру діаметра.

Діаметр отворів повітряної розподільчої системи фільтра рекомендується приймати  $d_o^n = 3-5$  мм.

36.12. Значення швидкості виходу повітря з отворів повітряної розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(v_o^n)' = \frac{4 \cdot q_{\text{повітря}}}{\pi \cdot N_o^n \cdot n_o^n \cdot (d_o^n)^2}, \text{ м/с}. \quad (67)$$

Отримане значення  $(v_o^n)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_o^n = 40-50$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_o^n$  та здійснювати перерахунок.

37. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах визначається за формулами:

- за вмістом завислих речовин:

$$C_{\text{кінцева}}^{\text{завис}} = C_{\text{поч}}^{\text{завис}} - \left( \frac{E_{\text{завис}} \cdot C_{\text{поч}}^{\text{завис}}}{100} \right), \text{ мг/л}; \quad (68)$$

- за показником БСК<sub>повн</sub>:

$$C_{\text{кінцева}}^{\text{БСК}} = C_{\text{поч}}^{\text{БСК}} - \left( \frac{E_{\text{БСК}} \cdot C_{\text{поч}}^{\text{БСК}}}{100} \right), \text{ мг/л}, \quad (69)$$

$E_{\text{завис}}$ ,  $E_{\text{БСК}}$  – ефективність доочищення стічних вод у фільтрах обраного типу за вмістом завислих речовин і показником БСК<sub>повн</sub>, відповідно, значення яких наведено в табл. 2.1.

### 3.2. Порядок розрахунку одношарових фільтрів з крупнозернистим піщаним завантаженням

Основні розрахункові характеристики фільтрів з крупнозернистим піщаним завантаженням наведено в табл. А.2.1-А.2.2 Додатка А.

Одношарові фільтри з крупнозернистим піщаним завантаженням відносяться до фільтрів з низхідним потоком стічних вод, для яких передбачається водоповітряне (трьохступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

Ці фільтри в конструктивному відношенні аналогічні одношаровим фільтрам з дрібнозернистим піщаним завантаженням, тому розраховуються за наведеною в підрозділі 3.1 методикою.



1. Необхідна площа фільтрів  $F_\phi$  при водоповітряному (трьохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою (3).

Значення  $V_H$  приймається відповідно даних, наведених в табл. А.2.1 Додатка А.

Значення  $w_1, t_1, w_2, t_2, w_3, t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.2.2 Додатка А. Крім того, значення  $t_1, t_2, t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5).

2. Кількість фільтрів  $N_\phi$  визначається за формулою (6).

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані:

- ширина фільтра  $B$  визначається за формулою (8);

- довжина робочої частини фільтра  $L_\phi$  визначається за формулою (9).

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.2.1 Додатка А) приймається висота фільтруючого шару  $h_2 = \text{---}$  м.

Підтримуючий шар – гравій. При визначенні загальної висоти підтримуючого шару слід враховувати, що верхні шари з крупністю зерен 2-5 та 5-10 мм (табл. А.1.3 Додатка А) в фільтрах з крупнозернистим піщаним завантаженням відсутні, тобто  $h_1 = \sum h_{n.ш.}^i = h_{n.ш.}^1 + h_{n.ш.}^2 = \text{---}$  м.

6. Загальна глибина фільтра  $H$  визначається за формулою (10).

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_\phi$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.2.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\% ,$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.2.1 Додатка А.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

Подальший розрахунок одношарових фільтрів з крупнозернистим піщаним завантаженням при водоповітряному (трьохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження (п.п.8-37) виконується аналогічно порядку розрахунку одношарових фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням (п.п.8-37 підрозділу 3.1).

### 3.3. Порядок розрахунку двошарових зернистих фільтрів

Розрахунок двошарових зернистих фільтрів виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.4.

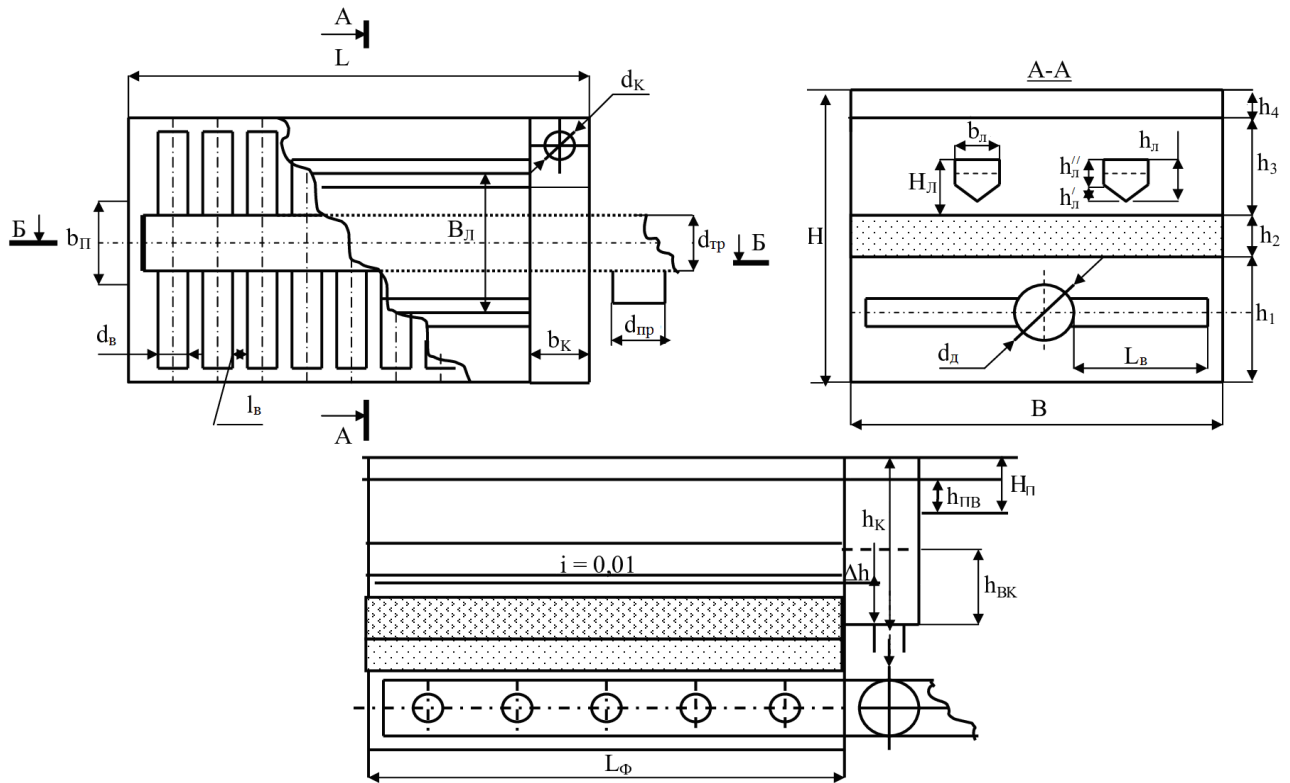


Рис. 3.4 – Розрахункова схема двошарових зернистих фільтрів

Основні розрахункові характеристики двошарових зернистих фільтрів наведено в табл. А.3.1-А.3.3 Додатка А.

Для двошарових зернистих фільтрів передбачається водяне (одноступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

1. Необхідна площа фільтрів при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{доба}}}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot n_{\text{пром}} \cdot w_3 \cdot t_3 - n_{\text{пром}} \cdot t_4 \cdot V_H}, \text{ м}^2, \quad (70)$$

$Q_{\text{доба}}$  – витрати стічних вод, що надходять на доочищення в фільтри за добу та визначаються за формулою (4), м<sup>3</sup>/добу;

$T$  – тривалість роботи станції очищення впродовж доби, години;

$V_H$  – швидкість фільтрування при нормальному режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.3.1 Додатка А;

$w_3$  – інтенсивність подачі води на промивання фільтра,  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ;

$t_3$  – тривалість промивання фільтра водою, години.

Значення  $w_3$ ,  $t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.3.2 Додатка А. Крім того, значення  $t_3$ , хвилини → години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{\text{пром}}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу

$t_\phi$  при нормальном режимі експлуатації приймається відповідно даних, наведених в табл. А.3.1 Додатка А.

Час простою фільтра при промиванні водою дорівнює  $t_d=0,33$  години.

2. Кількість фільтрів  $N_\phi$  визначається за формулою (6).

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані:

- ширина фільтра  $B$  визначається за формулою (8);

- довжина робочої частини фільтра  $L_\phi$  визначається за формулою (9).

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.3.1 Додатка А) приймається висота фільтруючого шару.

Оскільки фільтри мають двошарове завантаження, загальна висота фільтруючого шару  $h_2$  буде складатися з шару кварцового піску  $h_n$  та шару антрациту (керамзиту)  $h_{a(\kappa)}$ , тобто  $h_2 = h_n + h_{a(\kappa)} = \text{---}$  м.

Підтримуючий шар – гравій. Загальна висота підтримуючого шару приймається в залежності від крупності зерен завантаження за табл. А.3.3 Додатка А, тобто  $h_1 = \sum h_{n.ш.}^i = h_{n.ш.}^1 + h_{n.ш.}^2 + h_{n.ш.}^3 + h_{n.ш.}^4 = \text{---}$  м.

6. Загальна глибина фільтра  $H$  визначається за формулою (10).

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_\phi$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.3.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\%$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.3.1 Додатка А.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальном режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

Подальший розрахунок двошарових зернистих фільтрів при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження (п.п.8-35) виконується аналогічно порядку розрахунку одношарових фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням (п.п.8-35 підрозділу 3.1).

36. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

### 3.4. Порядок розрахунку зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод

Розрахунок зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.5.

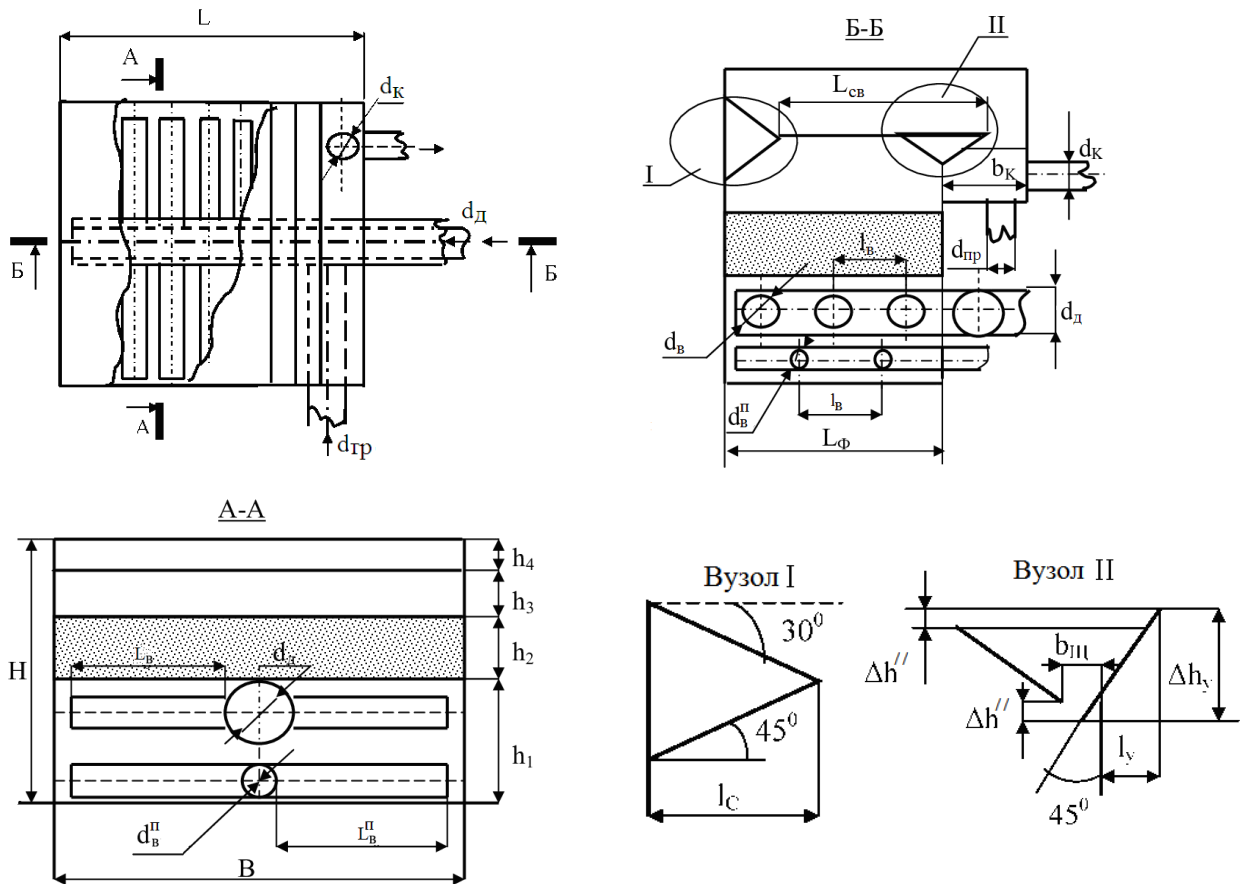


Рис. 3.5 – Розрахункова схема зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод

Основні розрахункові характеристики зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод наведено в табл. А.4.1-А.4.5 Додатка А.

Для зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод передбачається водоповітряне (трьохступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

1. Необхідна площа фільтрів  $F_{\phi}$  при водоповітряному (трьохступеновому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою (3).

Значення  $V_H$  в залежності від обраного режиму фільтрування (безреагентний, реагентний) приймається відповідно даних, наведених в табл. А.4.2 Додатка А.

Значення  $w_1, t_1, w_2, t_2, w_3, t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.4.4 Додатка А. Крім того, значення  $t_1, t_2, t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_{\phi}$  при нормальному режимі експлуатації в залежності від обраного режиму фільтрування (безреагентний, реагентний) приймається відповідно даних, наведених в табл. А.4.5 Додатка А.

2. Кількість фільтрів  $N_{\phi}$  визначається за формулою (6).

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані:

- ширина фільтра  $B$  визначається за формулою (8);

- довжина робочої частини фільтра  $L_\phi$  визначається за формулою (9).

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.4.1 Додатка А) приймається висота фільтруючого шару.

Загальну висоту фільтруючого шару призначають в залежності від обраного режиму фільтрування (безреагентний, реагентний) та крупності зерен завантаження, тобто  $h_2 = \sum h_{\phi.ш.}^i = h_{\phi.ш.}^1 + h_{\phi.ш.}^2 + h_{\phi.ш.}^3 = \text{--- м.}$

Підтримуючий шар – гравій. Загальна висота підтримуючого шару приймається в залежності від крупності зерен завантаження за табл. А.4.3 Додатка А, тобто  $h_1 = \sum h_{n.ш.}^i = h_{n.ш.}^1 + h_{n.ш.}^2 + h_{n.ш.}^3 = \text{--- м.}$

6. Загальна глибина фільтра  $H$  визначається за формулою (10).

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V_\phi'$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V_\phi'$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.4.2 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V_\phi' - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\% ,$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.4.2 Додатка А.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

8. Діаметр трубопроводу  $D_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою (12).

9. Діаметр трубопроводу  $d_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою (13).

10. Значення швидкостей руху води в колекторі ( $v_{mp}$ )', що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр), уточнюються за формулами (14)-(15).

11. Розрахунок дренажної (розподільчої) системи фільтра з висхідним потоком стічних вод виконується аналогічно п.15 підрозділу 3.1.

12. Діаметр трубопроводу відведення промивної води  $d_{np}$  визначається за формулою (43).

13. Значення швидкості руху промивної води в кінці трубопроводу ( $v_{np}$ )' уточнюється за формулою (44).

14. Ширина водозбірної кишені фільтра  $b_k$  визначається за формулою (45).

15. Глибина промивної води у водозбірній кишені фільтра  $h_{вк}$  визначається за формулою (46).

16. Відстань від верхньої кромки водозливної стінки до днища верхньої частини водозбірної кишені фільтра  $\Delta h$  визначається за формулою (47).

17. Площа поперечного перетину водозбірної кишені фільтра  $f_k$  визначається за формулою (48).

18. Швидкість руху промивної води в кінці водозбірної кишені фільтра  $V_k$  визначається за формулою (49).

19. Повна довжина фільтра  $L$  визначається за формулою (51).

20. Розрахунок пристроїв для збору та відведення води при промиванні фільтра.

При водоповітряному промиванні фільтруючого завантаження фільтрів з висхідним потоком стічних вод застосовується система горизонтального відведення промивної води. Промивна вода з забрудненнями горизонтально прямує до водозбірної кишені та відводиться в стік. Щоб уникнути винесення піску до водозбірної кишені, над фільтруючим завантаженням встановлюється пісковловлюючий жолоб з похилими стінками.

Пісковловлюючий жолоб утворюється двома похилими стінками – водозливною та відбійною. Водозливна стінка влаштовується вздовж стінки водозбірної кишені під кутом  $45^\circ$  у бік цієї кишені. Відбійна стінка влаштовується перпендикулярно водозливній з нахилом всередину фільтра під кутом  $45^\circ$ . Верхня кромка відбійної стінки повинна бути нижче верхньої кромки водозливної стінки на 20-25 мм. Нижня кромка водозливної стінки виконується таким чином, щоб перекривати нижню кромку відбійної стінки на  $\Delta h' = 30-40$  мм. У нижній частині пісковловлюючого жолоба є повздовжня щілина шириною  $b_{щ} = 15-20$  мм для повернення затриманого піску. Нижню кромку водозливної стінки належить приймати на  $\Delta h_{вз}^h = 50-100$  мм вище поверхні фільтруючого завантаження.

Струминонаправляючий виступ встановлюється під кутом  $45^\circ$  до поверхні фільтруючого завантаження.

Основні розміри конструктивних елементів пісковловлюючого жолоба приймаються за табл. 3.1 в залежності від питомих витрат промивної води на 1 м водозливу, що визначаються за формулою:

$$W_L = w_3 \cdot L_\phi, \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}, \quad (71)$$

$w_3$  – інтенсивність подачі води на промивання фільтруючого завантаження, значення якої наведено в табл. А.4.4 Додатка А.

Відстань від струминонаправляючого виступу до верхньої кромки водозливної стінки визначається за формулою:

$$L_{св} = L - l_c + l_y + \Delta h', \text{ м}, \quad (72)$$

$l_c$  – довжина струминонаправляючого виступу, що дорівнює висоті шару води над поверхнею шару фільтруючого завантаження, тобто  $l_c = h_3 \geq 2$  м;

$l_y$  – довжина водозливної стінки, що визначається за формулою:

$$l_y = \Delta h_y - \Delta h' , \text{ м}, \quad (73)$$

$\Delta h_y$  – різниця відміток верхньої та нижньої кромки водозливної стінки, що залежить від розрахованої величини питомих витрат промивної води на 1 м водозливу та яку рекомендується приймати відповідно даних, наведених в табл. 3.1;

$\Delta h'$  – величина перекриття нижньої кромки відбійної стінки водозливною стінкою, яку рекомендується приймати  $\Delta h' = 0,03-0,04$  м.

Отримані значення  $l_y$  та  $L_{ce}$  округляються до першого знака після коми.

Таблиця 3.1 – Основні розміри конструктивних елементів пісковловлюючого жолоба

Розміри пісковловлюючого жолоба	Питомі витрати промивної води на 1 м водозливу $W_L, \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$			
	25	20	15	10
Різниця відміток верхньої та нижньої кромки водозливної стінки $\Delta h_y, \text{ м}$	0,32	0,26	0,21	0,17
Різниця відміток між верхніми кромками водозливної та відбійної стінок $\Delta h'', \text{ м}$	0,025	0,020	0,020	0,020

21. Повна глибина водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$h_k = \Delta h_y + \Delta h + h_4 , \text{ м}. \quad (74)$$

Отримане значення  $h_k$  округляється до першого знака після коми.

22. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах  $D_k$  визначається за формулою (52).

23. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в одному фільтрі  $d_k$  визначається за формулою (53).

24. Значення швидкостей руху води в кінці трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах (одному фільтрі)  $(v_k)'$  уточнюються за формулами (54)-(55).

25. Розрахунок повітряної розподільчої системи фільтра з висхідним потоком стічних вод виконується аналогічно п.36 підрозділу 3.1.

26. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин  $(C_{кінцева}^{завис})$  та показником БСК<sub>повн</sub>  $(C_{кінцева}^{БСК})$  визначається за формулами (68) та (69).

### 3.5. Порядок розрахунку каркасно-засипних фільтрів

Розрахунок каркасно-засипних фільтрів виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.6.

Основні розрахункові характеристики каркасно-засипних фільтрів наведено в табл. А.5.1-А.5.4 Додатка А.

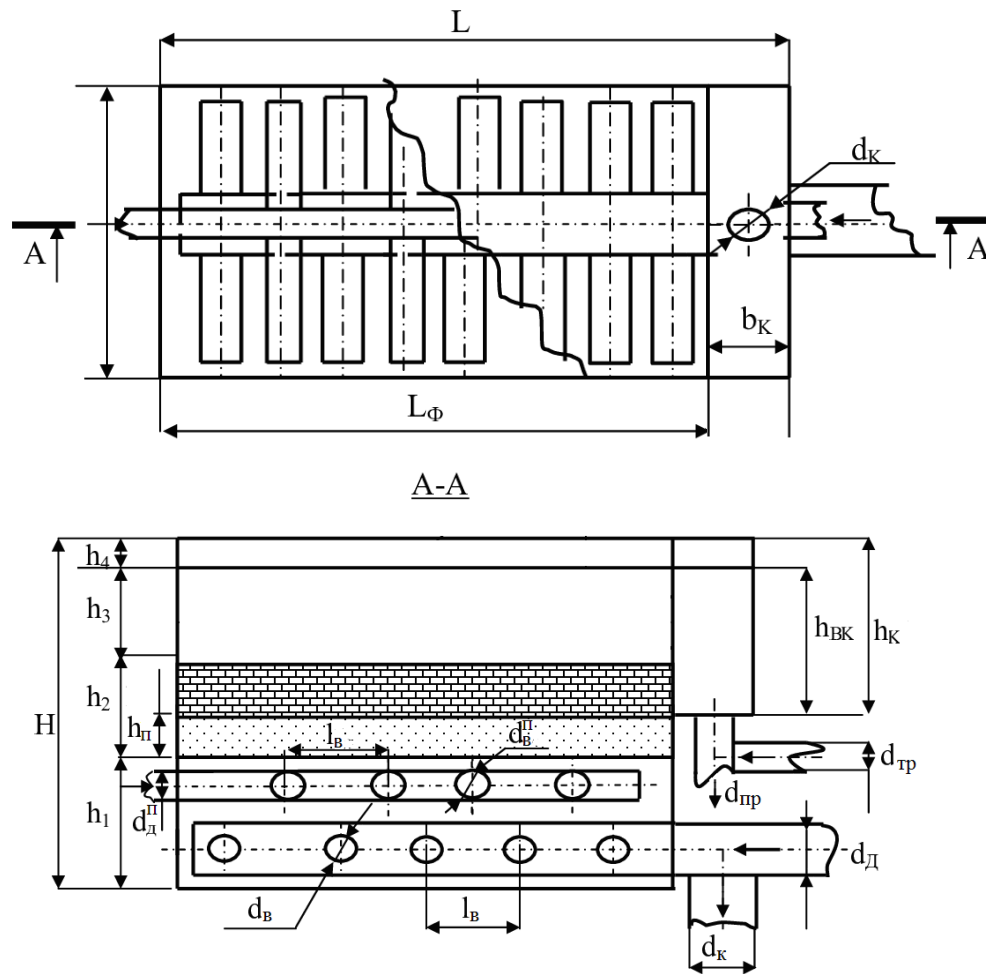


Рис. 3.6 – Розрахункова схема каркасно-засипних фільтрів

Для каркасно-засипних фільтрів передбачається водоповітряне (двохступеневе) або водяне (одноступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

### 3.5.1. Порядок розрахунку каркасно-засипних фільтрів при водоповітряному (двохступеновому) промиванні фільтруючого завантаження

1. Необхідна площа фільтрів при водоповітряному (двохступеновому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{доба}}}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot n_{\text{пром}} \cdot (w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n_{\text{пром}} \cdot t_4 \cdot V_H}, \text{ м}^2, \quad (75)$$

$Q_{\text{доба}}$  – витрати стічних вод, що надходять на доочищення в фільтри за добу та визначаються за формулою (4), м<sup>3</sup>/добу;

$T$  – тривалість роботи станції очищення впродовж доби, години;

$V_H$  – швидкість фільтрування при нормальному режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.5.1 Додатка А;

$w_2$  – інтенсивність подачі води для водоповітряного промивання,  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ;

$t_2$  – тривалість водоповітряного промивання, години;



$w_3$  – інтенсивність подачі води на промивання фільтра,  $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ;

$t_3$  – тривалість промивання фільтра водою, години.

Значення  $w_2$ ,  $t_2$ ,  $w_3$ ,  $t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.5.2 Додатка А. Крім того, значення  $t_2$ ,  $t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{\text{пром}}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_{\phi}$  при нормальному режимі експлуатації приймається відповідно даних, наведених в табл. А.5.1 Додатка А.

Час простою фільтра при промиванні водою та повітрям дорівнює  $t_4=0,5$  годин.

2. Кількість фільтрів  $N_{\phi}$  визначається за формулою (6).

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані:

- ширина фільтра  $B$  визначається за формулою (8);

- довжина робочої частини фільтра  $L_{\phi}$  визначається за формулою (9).

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.5.1 Додатка А) приймається висота фільтруючого шару.

Оскільки фільтри мають двошарове завантаження, загальна висота фільтруючого шару  $h_2$  буде складатися з шару кварцового піску  $h_n$  та гравійного каркасу  $h_{\text{г.к.}}$ , тобто  $h_2 = h_n + h_{\text{г.к.}} = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

Підтримуючий шар – гравій. Відповідно до заданого завантаження (табл. А.5.3 Додатка А) приймається висота підтримуючого шару  $h_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

6. Загальна глибина фільтра  $H$  визначається за формулою (10).

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_{\phi}$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V'_{\phi}$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.5.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_{\phi} = \left| \frac{(V'_{\phi} - V_{\phi})}{V_{\phi}} \cdot 100\% \right| \leq 5\%$$

$V_{\phi}$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.5.1 Додатка А.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

8. Діаметр трубопроводу  $D_{\text{тр}}$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою (12).

9. Діаметр трубопроводу  $d_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою (13).

10. Значення швидкостей руху води в колекторі ( $v_{mp}$ ), що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр), уточнюються за формулами (14)-(15).

11. Ширина водорозподільчого каналу фільтра  $B_k$  визначається за формулою (16).

12. Глибина води у водорозподільчому каналі (у каналі, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри)  $h_{ке}$  ( $h_{не}$ ) визначається за формулою (17).

13. Глибини водорозподільчого каналу (каналу, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри)  $H_k$  ( $H_n$ ) визначаються за формулами (18)-(19).

14. Ширина каналу  $b_n$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтр, визначається за формулою (20).

15. Розрахунок дренажної (розподільчої) системи каркасно-засипних фільтрів виконується аналогічно п.15 підрозділу 3.1.

16. Кількість жолобів  $N_l$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою (34).

17. Ширина жолоба  $b_l$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою (35). При цьому, жолоб має напівкруглу форму перетину.

18. Висота прямокутної частини жолоба  $h_l''$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою (36).

19. Корисна висота жолоба  $h_l$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою (37).

20. Висота напівкруглої частини жолоба  $h_l'$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної визначається за формулою (38).

21. Конструктивна висота жолоба  $h_l^k$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної з врахуванням товщини стінки визначається за формулою (39).

22. Повна глибина жолоба  $h_{лк}$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної біля водозбірної кишені визначається за формулою (40).

23. Висота розташування кромek жолобів  $H_l$  для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної над поверхнею фільтруючого завантаження визначається за формулою (41).

Якщо  $H_l < h_l^k$ , то висота розташування кромek жолобів для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної над поверхнею фільтруючого завантаження визначається за формулою

(42).

24. Діаметр трубопроводу відведення промивної води  $d_{np}$  визначається за формулою (43).

25. Значення швидкості руху промивної води в трубопроводі ( $v_{np}$ ) уточнюється за формулою (44).

26. Ширина водозбірної кишені фільтра  $b_k$  визначається за формулою (45).

27. Глибина промивної води у водозбірній кишені фільтра  $h_{вк}$  визначається за формулою (46).

28. Відстань від днища жолоба для рівномірного розподілу стічної води, що надходить на доочищення в фільтр, та відведення промивної до днища водозбірної кишені фільтра  $\Delta h$  визначається за формулою (47).

29. Площа поперечного перетину водозбірної кишені фільтра  $f_k$  визначається за формулою (48).

30. Швидкість руху промивної води в кінці водозбірної кишені фільтра  $V_k$  визначається за формулою (49).

31. Повна глибина водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$h_k = h_{вк} + h_4, \text{ м.} \quad (76)$$

32. Повна довжина фільтра  $L$  визначається за формулою (51).

33. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах  $D_k$  визначається за формулою (52).

34. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в одному фільтрі  $d_k$  визначається за формулою (53).

35. Значення швидкостей руху води в кінці трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах (одному фільтрі) ( $v_k$ ) уточнюються за формулами (54)-(55).

36. Розрахунок повітряної розподільчої системи каркасно-засипних фільтрів виконується аналогічно п.36 підрозділу 3.1.

37. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

### **3.5.2. Порядок розрахунку каркасно-засипних фільтрів при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження**

1. Необхідна площа фільтрів  $F_\phi$  при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою (75).

Значення  $V_H$  приймається відповідно даних, наведених в табл. А.5.1 Додатка А.

Значення  $w_3$ ,  $t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.5.4 Додатка А. Крім того, значення  $t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_\phi$  при нормальному режимі експлуатації приймається відповідно даних, наведених в табл. А.5.1 Додатка А.

Подальший розрахунок каркасно-засипних фільтрів при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження (п.п.2-35) виконується аналогічно порядку розрахунку каркасно-засипних фільтрів при водоповітряному (двохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження (п.п.2-35 підрозділу 3.5.1).

36. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

### 3.6. Порядок розрахунку фільтрів «Оксипор» (аерованих зернистих фільтрів)

Розрахунок аерованих зернистих фільтрів виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.7.

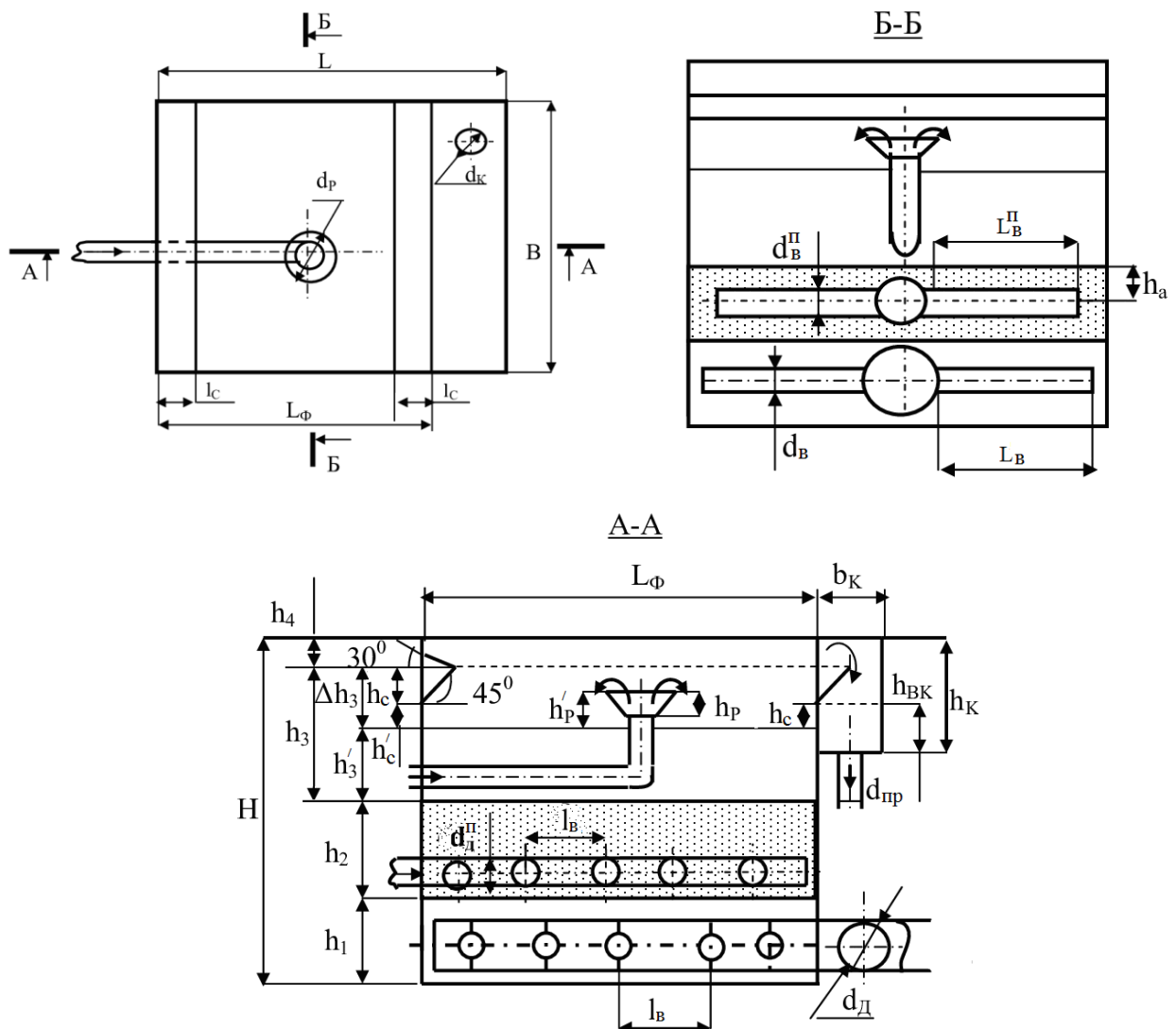


Рис. 3.7 – Розрахункова схема фільтрів «Оксипор» (аерованих зернистих фільтрів)

Основні розрахункові характеристики аерованих зернистих фільтрів наведено в табл. А.6.1-А.6.2 Додатка А.

Для аерованих зернистих фільтрів передбачається водяне (одноступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

1. Необхідна площа фільтрів  $F_\phi$  при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою (75).

Значення  $V_H$  приймається відповідно даних, наведених в табл. А.6.1 Додатка А.

Значення  $w_3$ ,  $t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.6.2 Додатка А. Крім того, значення  $t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_\phi$  при нормальному режимі експлуатації приймається відповідно даних, наведених в табл. А.6.1 Додатка А.

2. Кількість фільтрів  $N_\phi$  визначається за формулою (6).

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані.

Аеровані зернисті фільтри доцільно виконувати квадратної форми, тому сторона фільтра визначається за формулою:

$$L_\phi = B = \sqrt{F_1}, \text{ м.} \quad (77)$$

Отримані значення  $L_\phi$  ( $B$ ) округляються до першого знака після коми.

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.6.1 Додатка А) приймається висота фільтруючого шару (недробленого керамзиту)  $h_2 = \_\_\_\_\_\_ \text{ м.}$

Підтримуючий шар – гравій. Відповідно до заданого завантаження (табл. А.6.1 Додатка А) приймається висота підтримуючого шару  $h_1 = \_\_\_\_\_\_ \text{ м.}$

6. Загальна глибина фільтра  $H$  визначається за формулою (10). При цьому, висота шару води при промиванні фільтра визначається за формулою:

$$h_3 = h'_3 + \Delta h_3, \text{ м,} \quad (78)$$

$h'_3$  – висота шару води над поверхнею фільтруючого завантаження в робочому режимі, що дорівнює  $h'_3 = 2 \text{ м;}$

$\Delta h_3$  – підвищення відмітки рівня води в фільтрі при його промиванні, що дорівнює величині розширення завантаження  $\Delta h_2$  та визначається за формулою:

$$\Delta h_3 = \Delta h_2 = h_2 \cdot \frac{e}{100}, \text{ м,} \quad (79)$$

$e$  – відносне розширення фільтруючого завантаження при промиванні фільтра, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.6.2 Додатка А, %.

Отримане значення  $\Delta h_3$  округляється до першого знака після коми.

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_\phi$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.6.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\% ,$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.6.1 Додатка А.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

8. Діаметр трубопроводу  $D_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою (12).

9. Діаметр трубопроводу  $d_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою (13).

10. Значення швидкостей руху води в колекторі  $(v_{mp})'$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр), уточнюються за формулами (14)-(15).

11. Діаметр центральної впускної труби фільтра визначається за формулою:

$$d_{um} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_\phi \cdot v_{um}}} , \text{ м}, \quad (80)$$

$v_{um}$  – швидкість руху стічних вод в центральній впускній трубі фільтра, яку рекомендується приймати  $v_{um} \leq 0,03$  м/с.

Отримане значення  $d_{um}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

12. Значення швидкості руху стічних вод в центральній впускній трубі фільтра уточнюється за формулою:

$$(v_{um})' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_\phi \cdot (d_{um})^2} , \text{ м/с}. \quad (81)$$

Отримане значення  $(v_{um})'$  повинно відповідати рекомендованому  $v_{um} \leq 0,03$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{um}$  та здійснювати перерахунок.

13. Висота розподільчої воронки фільтра  $h_p$  та її діаметр  $d_p$  визначаються за формулою:

$$h_p = d_p = 1,35 \cdot d_{um} , \text{ м}. \quad (82)$$

Отримані значення  $h_p$  ( $d_p$ ) округляються до першого знака після коми.

14. Підвищення розподільчої воронки над робочим рівнем води в фільтрі рекомендується приймати  $h'_p = 0,1-0,2$  м.

15. Розрахунок дренажної (розподільчої) системи аерованих зернистих фільтрів виконується аналогічно п.15 підрозділу 3.1.

16. Діаметр трубопроводу відведення промивної води  $d_{np}$  визначається за формулою (43).

17. Значення швидкості руху промивної води в трубопроводі  $(v_{np})'$  уточнюється за формулою (44).

18. Ширина водозбірної кишені фільтра  $b_k$  визначається за формулою (45).

19. Глибина промивної води у водозбірній кишені фільтра  $h_{вк}$  визначається за формулою (46).

20. Відстань від верхньої кромки водозливної стінки до днища верхньої частини водозбірної кишені фільтра  $\Delta h$  визначається за формулою (47).

21. Площа поперечного перетину водозбірної кишені фільтра  $f_k$  визначається за формулою (48).

22. Швидкість руху промивної води в кінці водозбірної кишені фільтра  $V_k$  визначається за формулою (49).

23. Висота розташування струминонаправляючого виступу над робочим рівнем води та довжина цього виступу визначаються за формулою:

$$h_c = l_c = 0,5 \cdot \Delta h_3, \text{ м.} \quad (83)$$

Отримані значення  $h_c$  ( $l_c$ ) округляються до першого знака після коми.

24. Повна глибина водозбірної кишені фільтра визначається за формулою:

$$h_k = h_{вк} + h_c + h_4, \text{ м.} \quad (84)$$

25. Повна довжина фільтра  $L$  визначається за формулою (51).

26. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах  $D_k$  визначається за формулою (52).

27. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в одному фільтрі  $d_k$  визначається за формулою (53).

28. Значення швидкостей руху води в кінці трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах (одному фільтрі)  $(v_k)'$  уточнюються за формулами (54)-(55).

29. Розрахунок розподільчої системи для подачі повітря на аерацію в аеровані зерністі фільтри при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження.

29.1. Витрати повітря на аерацію, що надходить у верхній шар фільтруючого завантаження, визначаються за формулою:

$$q_{\text{повітря}} = 3600 \cdot q_c \cdot q_{\text{нит}}^n, \text{ м}^3/\text{годину}, \quad (85)$$

$q_{\text{нит}}^n$  – питомі витрати повітря на аерацію, які рекомендується приймати

$$q_{\text{нит}}^n = 3 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

29.2. Діаметр колектора повітряної розподільчої системи фільтра  $d_o^n$  визначається за формулою (57).

29.3. Швидкість руху повітря на вході в колектор повітряної розподільчої системи фільтра  $(v_{\text{повітря}})'$  уточнюється за формулою (58).

29.4. Кількість відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра  $N_e^n$  визначається за формулою (59).

29.5. Відстань між відгалуженнями повітряної розподільчої системи фільтра  $(l_e)^Y$  уточнюється за формулою (60).

29.6. Діаметр відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра  $d_e^n$  визначається за формулою (61).

29.7. Швидкість руху повітря на вході до відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра  $(v_e^n)^Y$  уточнюється за формулою (62).

29.8. Довжина відгалужень повітряної розподільчої системи фільтра  $L_e^n$  визначається за формулою (63).

29.9. Кількість отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра  $n_o^n$  визначається за формулою (64).

29.10. Відстань між віссю отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра  $(l_o^n)^Y$  уточнюється за формулою (65).

29.11. Діаметр отворів на одному відгалуженні повітряної розподільчої системи фільтра  $d_o^n$  визначається за формулою (66).

29.12. Швидкість виходу повітря з отворів повітряної розподільчої системи фільтра  $(v_o^n)^Y$  уточнюється за формулою (67).

30. Глибину, на яку встановлюється трубчаста повітряна розподільча система від верха фільтруючого завантаження, рекомендується приймати  $h_a=0,5-0,6$  м.

31. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин  $(C_{кінцева}^{завис})$  та показником БСК<sub>повн</sub>  $(C_{кінцева}^{БСК})$  визначається за формулами (68) та (69).

### 3.7. Порядок розрахунку фільтрів з пінополіуретановим завантаженням

Розрахунок фільтрів з пінополіуретановим завантаженням виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.8.

Основні розрахункові характеристики фільтрів з пінополіуретановим завантаженням наведено в табл. А.7.1-А.7.2 Додатка А.

Для фільтрів з пінополіуретановим завантаженням передбачається водоповітряне (двохступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

1. Необхідна площа фільтрів  $F_\phi$  при водоповітряному (двохступеновому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою (75).

Значення  $V_H$  приймається відповідно даних, наведених в табл. А.7.1 Додатка А.

Значення  $w_2, t_2, w_3, t_3$  приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.7.2 Додатка А. Крім того, значення  $t_2, t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_\phi$  при нормальному режимі експлуатації приймається відповідно даних, наведених в табл. А.7.1 Додатка А.



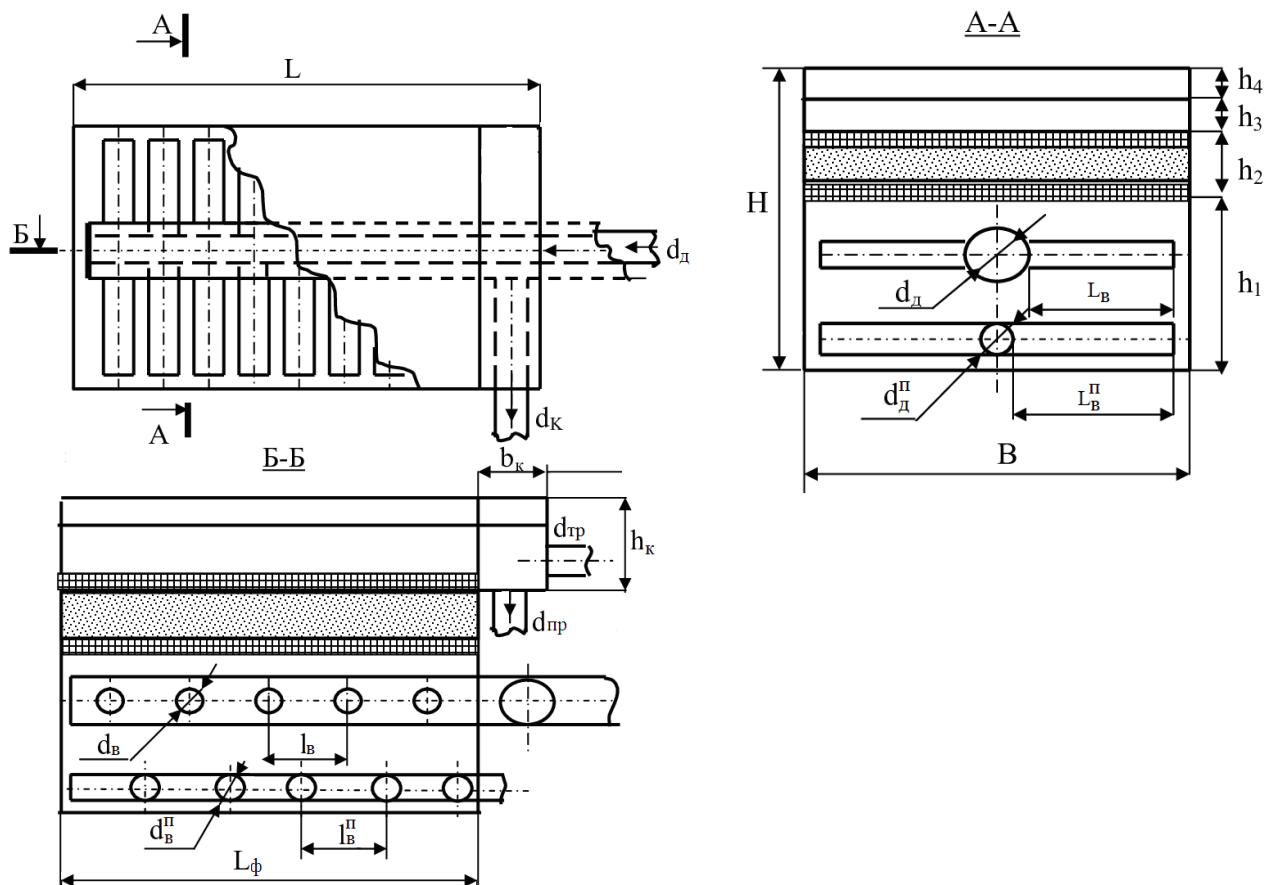


Рис. 3.8 – Розрахункова схема фільтрів з пінополіуретановим завантаженням

2. Кількість фільтрів  $N_{\phi}$  визначається за формулою (6).
3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).
4. Підбираються розміри одного фільтра в плані:
  - ширина фільтра  $B$  визначається за формулою (8);
  - довжина робочої частини фільтра  $L_{\phi}$  визначається за формулою (9).
5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Відмінною рисою пінополіуретанових фільтрів є наявність двох дренажних плит, що встановлюються на різних рівнях, між якими розташовується фільтруюче завантаження.

Відповідно до заданого завантаження (табл. А.7.1 Додатка А) визначається висота фільтруючого шару за формулою:

$$h_2 = h_{\text{ф.ш.}} + 2 \cdot \delta, \text{ м}, \quad (86)$$

$h_{\text{ф.ш.}}$  – висота шару пінополіуретанового завантаження, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.7.1 Додатка А;

$\delta$  – товщина дренажної плити, яку рекомендується приймати  $\delta=0,05-0,15$  м.

Пінополіуретанові фільтри не мають підтримуючого гравійного шару, тому, в цьому випадку, для відведення доочищеної води та рівномірного розподілу промивної застосовують трубчасту дренажну (розподільчу) систему зі щілинами. В цьому випадку, в стінах труб відгалужень влаштовані щілини шириною 0,4-0,5 мм. Через ці щілини проходить вода, але не пропускаються зерна фільтруючого завантаження.

## 6. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_\phi$  визначається за формулою (11). При цьому, кількість фільтрів, що знаходяться в ремонті, приймається: при  $N_\phi < 20 - N_p = 2$ ; при  $N_\phi \geq 20 - N_p = 3$ .

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.7.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\% ,$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.7.1 Додатка А. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

7. Діаметр трубопроводу  $D_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою (12).

8. Діаметр трубопроводу  $d_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою (13).

9. Значення швидкостей руху води в колекторі  $(v_{mp})'$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр), уточнюються за формулами (14)-(15).

10. Ширина водорозподільчого каналу фільтра  $B_k$  визначається за формулою (16).

11. Глибина води у водорозподільчому каналі (у каналі, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри)  $h_{кв}$  ( $h_{нв}$ ) визначається за формулою (17).

12. Глибини водорозподільчого каналу (каналу, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри)  $H_k$  ( $H_n$ ) визначаються за формулами (18)-(19).

13. Ширина каналу  $b_n$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтр, визначається за формулою (20).

14. Розрахунок трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра зі щілинами.

14.1. Витрати промивної води  $q_{np}$  визначаються за формулою (21).

14.2. Діаметр колектора трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра  $d_\phi$  визначається за формулою (22).

14.3. Значення швидкості руху промивної води на початку колектора трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра  $(v_\phi)'$  уточнюється за формулою (23).

14.4. Кількість відгалужень трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра  $N_e$  визначається за формулою (24).

14.5. Відстань між відгалуженнями дренажної (розподільчої) системи фільтра  $(l_e)'$  уточнюється за формулою (25).

14.6. Діаметр відгалужень трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра  $d_g$  визначається за формулою (26).

14.7. Значення швидкості руху промивної води на початку відгалужень трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра  $(v_g)'$  уточнюється за формулою (27).

14.8. Довжина відгалужень трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра  $L_g$  визначається за формулою (28).

14.9. Необхідна площа всіх щілин у відгалуженнях дренажної (розподільчої) системи повинна складати 1,5-2% від робочої площі фільтра.

Необхідна площа всіх щілин у відгалуженнях дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$\sum f_{щ} = \frac{(1,5 \div 2) \cdot F_1}{100}, \text{ м}^2. \quad (87)$$

14.10. Приймається ширина  $b_{щ}$  та довжина  $l_{щ}$  однієї щілини на відгалуженні трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра, величини яких рекомендується приймати:  $b_{щ}=0,5 \text{ мм}=0,0005 \text{ м}$  та  $l_{щ}=45-60 \text{ мм}=0,045-0,060 \text{ м}$  – у вінілпластових трубах або  $l_{щ} \leq 100 \text{ мм} \leq 0,1 \text{ м}$  – в азбестоцементних трубах.

14.11. Площа однієї щілини на відгалуженні трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$f_{щ} = b_{щ} \cdot l_{щ}, \text{ м}^2. \quad (88)$$

14.12. Загальна кількість щілин у трубчастій дренажній (розподільчій) системі фільтра визначається за формулою:

$$\sum n_{щ} = \frac{\sum f_{щ}}{f_{щ}}, \text{ штуки.} \quad (89)$$

Отримане значення  $\sum n_{щ}$  округляється до максимально цілого числа.

14.13. Кількість щілин на одному відгалуженні трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$n_{щ} = \frac{\sum n_{щ}}{N_g}, \text{ штуки.} \quad (90)$$

Отримане значення  $n_{щ}$  округляється до парного цілого числа, тому що щілини розташовуються з двох сторін одного відгалуження. Таким чином, з кожної сторони відгалуження трубчастої дренажної (розподільчої) системи

фільтра розміщують  $\frac{n_{щ}}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$  штук щілин.

14.14. Відстань між віссю щілин на одному відгалуженні трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра визначається за формулою:

$$r_{щ} = \frac{L_g}{n_{щ}}, \text{ м.} \quad (91)$$

Отримане значення  $r_{щ}$  повинно відповідати рекомендованому  $r_{щ} \geq 0,02 \text{ м}$ .

Щілини на відгалуженнях трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра розташовуються в два ряди у шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі.

Подальший розрахунок фільтрів з пінополіуретановим завантаженням при водоповітряному (двохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження (п.п.15-34) виконується аналогічно порядку розрахунку каркасно-засипних фільтрів при водоповітряному (двохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження (п.п.16-35 підрозділу 3.5.1).

35. Розрахунок повітряної розподільчої системи фільтрів з пінополіуретановим завантаженням виконується аналогічно п.36 підрозділу 3.1.

36. Загальна глибина фільтра з пінополіуретановим завантаженням  $H$  визначається за формулою (10). При цьому, висота підзавантажувального простору визначається за формулою:

$$h_1 = d_\delta + d_\delta^n + h_{ав}, \text{ м}, \quad (92)$$

$d_\delta$  – визначається при розрахунку трубчастої дренажної (розподільчої) системи фільтра за формулою (22);

$d_\delta^n$  – визначається при розрахунку повітряної розподільчої системи фільтра за формулою (57);

$h_{ав}$  – аварійна висота, що дорівнює  $h_{ав} \geq 0,2$  м.

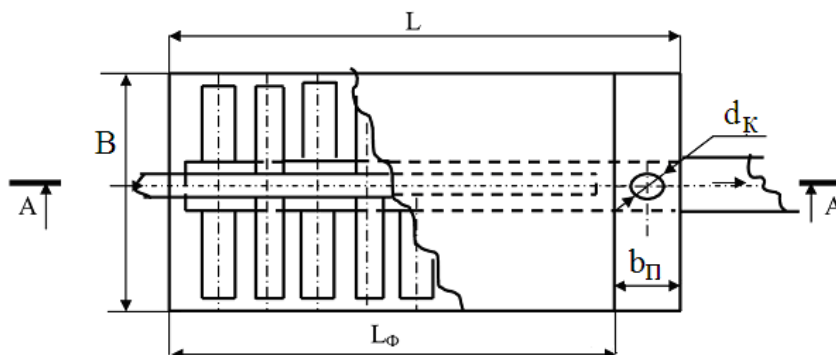
37. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

### 3.8. Порядок розрахунку фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу

Розрахунок фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу виконується відповідно до схем, наведених на рис. 3.9-3.10.

Основні розрахункові характеристики фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу наведено в табл. А.8.1-А.8.2 Додатка А.

Для фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу передбачається водяне (одноступеневе) промивання фільтруючого завантаження.



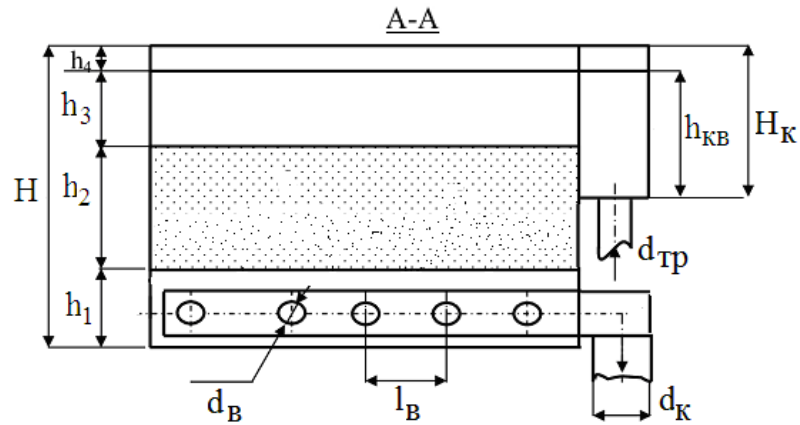


Рис. 3.9 – Розрахункова схема фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу ФПЗ-3

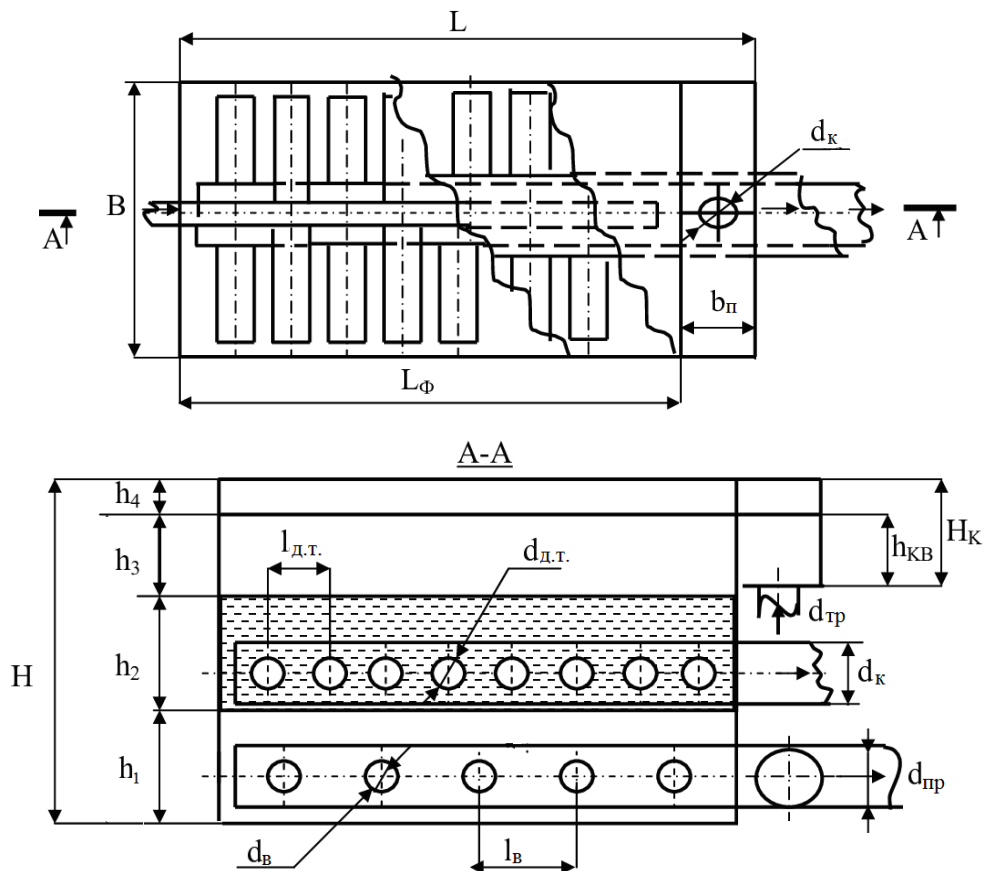


Рис. 3.10 – Розрахункова схема фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу ФПЗ-4

1. Необхідна площа фільтрів з низхідним потоком стічних вод при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{доба}}}{V_H \cdot (T - n_{\text{пром}} \cdot t_4)}, \text{ м}^2, \quad (93)$$

$Q_{\text{доба}}$  – витрати стічних вод, що надходять на доочищення в фільтри за добу та визначаються за формулою (4), м<sup>3</sup>/добу;

$T$  – тривалість роботи станції очищення впродовж доби, години;

$V_H$  – швидкість фільтрування при нормальному режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.8.1 Додатка А;

$t_4$  – час простою фільтра у зв'язку з промиванням та переключенням засувки, який рекомендується приймати  $t_4=0,12-0,15$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_\phi$  при нормальному режимі експлуатації приймається для фільтрів ФПЗ-3 –  $t_\phi=8$  годин, для фільтрів ФПЗ-4 –  $t_\phi=12-24$  години.

2. Кількість фільтрів  $N_\phi$  визначається за формулою (5).

Кількість фільтрів з плаваючим завантаженням повинна бути не меншою двох, тобто  $N_\phi \geq 2$ .

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (6).

Площа одного фільтра з економічних міркувань повинна бути в межах 20-40 м<sup>2</sup>. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати кількість фільтрів  $N_\phi$  та здійснювати перерахунок.

4. Підбираються розміри одного фільтра в плані:

- ширина фільтра  $B$  визначається за формулою (8);

- довжина робочої частини фільтра  $L_\phi$  визначається за формулою (9).

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Загальна висота фільтруючого шару приймається в залежності від крупності зерен завантаження (табл. А.8.1 Додатка А), тобто  $h_2 = \sum h_{\phi.ш.}^i = h_{\phi.ш.}^1 + h_{\phi.ш.}^2 + h_{\phi.ш.}^3 + h_{\phi.ш.}^4 + h_{\phi.ш.}^5 = \text{--- м.}$

Фільтри з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу не мають підтримуючого гравійного шару. Плаваюче полімерне завантаження з щільністю гранул меншою за густину води, не мають безпосереднього контакту з нижньою дренажною системою збору та відведення промивної води. Це дозволить відмовитися від застосування в корпусах фільтрів дренажу більшого опору.

6. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_\phi$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.8.1 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\% ,$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.8.1 Додатка А. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

7. Діаметр трубопроводу  $D_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою (12).

8. Діаметр трубопроводу  $d_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою (13).

9. Значення швидкостей руху води в колекторі ( $v_{mp}$ ), що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр) уточнюються за формулами (14)-(15).

10. Ширина водорозподільчого каналу фільтра  $B_k$  визначається за формулою (16).

11. Глибина води у водорозподільчому каналі (у каналі, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри)  $h_{kg}$  ( $h_{ng}$ ) визначається за формулою (17).

12. Глибини водорозподільчого каналу (каналу, що підводить стічну воду на доочищення в фільтри)  $H_k$  ( $H_n$ ) визначаються за формулами (18)-(19). При цьому, перевищення будівельної висоти над розрахунковим рівнем води рекомендується приймати  $h_4=0,2$  м.

13. Ширина каналу  $b_n$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтр, визначається за формулою (20).

14. Розрахунок нижньої збірно-розподільчої системи фільтра з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу проектується у вигляді центрального або бокового колектора з відгалуженнями з перфорованих пластмасових або азбестоцементних труб, які мають круглі отвори діаметром 10 мм, що направлені під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі.

14.1. Витрати промивної води  $q_{np}$  визначаються за формулою (21).

14.2. Діаметр колектора нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $d_\delta$  визначається за формулою (22). При цьому, швидкість руху води при промиванні фільтра рекомендується приймати  $v_\delta=1,5-2,2$  м/с.

14.3. Значення швидкості руху води при промиванні фільтра ( $v_\delta$ ) уточнюється за формулою (23).

Отримане значення ( $v_\delta$ ) повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_\delta=1,5-2,2$  м/с.

14.4. Кількість відгалужень нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $N_e$  визначається за формулою (24). При цьому, максимальна відстань між відгалуженнями нижньої збірно-розподільчої системи фільтра рекомендується приймати  $l_e=0,5$  м.

14.5. Відстань між відгалуженнями нижньої збірно-розподільчої системи фільтра ( $l_e$ ) уточнюється за формулою (25).

14.6. Діаметр відгалужень нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $d_e$  визначається за формулою (26). При цьому, швидкість руху промивної води у відгалуженнях нижньої збірно-розподільчої системи фільтра рекомендується приймати  $v_e=1,5-2,5$  м/с.

14.7. Значення швидкості руху промивної води на початку відгалужень нижньої збірно-розподільчої системи фільтра ( $v_e$ ) уточнюється за формулою (27).

Отримане значення ( $v_e$ ) повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_e=1,5-2,5$  м/с.

14.8. Довжина відгалужень нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $L_6$  визначається за формулою (28).

14.9. Необхідна сумарна площа всіх отворів у відгалуженнях нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $\sum f_o$  визначається за формулою (29).

14.10. Приймається діаметр одного отвору на відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $d_o=10 \text{ мм}=0,01 \text{ м}$ .

14.11. Площа одного отвору на відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $f_o$  визначається за формулою (30).

14.12. Загальна кількість отворів у нижній збірно-розподільчій системі фільтра  $\sum n_o$  визначається за формулою (31).

14.13. Кількість отворів на одному відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $n_o$  визначається за формулою (32).

14.14. Відстань між віссю отворів на одному відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $r_o$  визначається за формулою (33).

Отвори на відгалуженнях нижньої збірно-розподільчої системи фільтра розташовуються в два ряди у шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі.

15. Діаметр трубопроводу відведення промивної води  $d_{np}$  визначається за формулою (43).

16. Значення швидкості руху промивної води в трубопроводі  $(v_{np})^\vee$  уточнюється за формулою (44).

17. Повна довжина фільтра визначається за формулою:

$$L = L_\phi + b_n, \text{ м.} \quad (94)$$

18. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах  $D_k$  визначається за формулою (52).

19. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в одному фільтрі  $d_k$  визначається за формулою (53).

20. Значення швидкостей руху води в кінці трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах (одному фільтрі)  $(v_k)^\vee$  уточнюються за формулами (54)-(55).

21. Загальна висота корпусу фільтрів ФПЗ всіх конструкцій визначається за формулою:

$$H = d_\delta + h_{ав} + h_2 \cdot \left( 1 + \frac{e}{100} \right) + h_3 + h_4, \text{ м,} \quad (95)$$

$d_\delta$  – визначається при розрахунку нижньої збірно-розподільчої системи фільтра за формулою (22);

$h_{ав}$  – відстань між нижньою межею розширеного шару завантаження і колектором нижньої збірно-розподільчої системи фільтра, що дорівнює  $h_{ав} \geq 0,2 \text{ м}$ ;

$h_3$  – висота шару води в надфільтровому просторі, м. Для фільтрів ФПЗ-3, ФПЗ-4 висоту шару води у надфільтровому просторі рекомендується приймати більшою, ніж сумарні граничні втрати напору у завантаженні в кінці фільтроциклу, які дорівнюють 1,5-2,0 м;



$h_4$  – перевищення стінки корпусу фільтра над максимальним рівнем води в ньому, що дорівнює  $h_4=0,2$  м;

$e$  – відносне розширення фільтруючого завантаження, яке приймається для фільтрів ФПЗ-3 –  $e=40\%$ , для фільтрів ФПЗ-4 –  $e=60\%$ .

Отримане значення  $H$  округляється до першого знака після коми.

22. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

23. Для фільтрів з плаваючим завантаженням ФПЗ-4 передбачається середня дренажна система, яка служить для забору доочищеної води (фільтрату) з товщі зернистого шару. Дренаж являє собою ряд паралельно покладених щілинних труб, які розташовуються в товщі фільтруючого завантаження.

23.1. Приймається діаметр дренажної труби  $d_{д.м.}=0,1$  або  $0,15$  м.

23.2. Приймається відстань між дренажними трубами  $l_{д.м.}$ , м.

При діаметрі дренажної труби  $d_{д.м.}=0,15$  м рекомендується приймати відстань між дренажними трубами  $l_{д.м.}=0,6-0,65$  м; при діаметрі дренажної труби  $d_{д.м.}=0,1$  м рекомендується приймати відстань між дренажними трубами  $l_{д.м.}=0,5-0,55$  м.

23.3. Кількість дренажних труб в одному відділенні фільтра визначається за формулою:

$$n_{д.м.} = \frac{B}{l_{д.м.}}, \text{ штуки.} \quad (96)$$

Отримане значення  $n_{д.м.}$  округляється до максимально цілого числа.

23.4. Відстань між дренажними трубами уточнюється за формулою:

$$(l_{д.м.})^y = \frac{B}{n_{д.м.}}, \text{ м.} \quad (97)$$

Отримане значення  $(l_{д.м.})^y$  повинно відповідати рекомендованому діапазону в залежності від величини обраного діаметра дренажної труби  $d_{д.м.}$ . Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість дренажних труб в одному відділенні фільтра  $n_{д.м.}$  або збільшувати (зменшувати) діаметр дренажної труби  $d_{д.м.}$  та здійснювати перерахунок.

23.5. Витрати доочищеної води, що відводиться кожною дренажною трубою, визначаються за формулою:

$$q_{д.в.} = \frac{V_H \cdot F_1}{3600 \cdot n_{д.м.}}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (98)$$

23.6. Швидкість руху доочищеної води у дренажній трубі фільтра визначається за формулою:

$$v_{д.м.} = \frac{4 \cdot q_{д.в.}}{\pi \cdot (d_{д.м.})^2}, \text{ м/с.} \quad (99)$$

Отримане значення  $v_{д.м.}$  не повинно перевищувати рекомендованого  $v_{д.м.} \leq 1,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) діаметр дренажної труби  $d_{д.м.}$  та здійснювати перерахунок.

23.7. Необхідна сумарна площа всіх щілин дренажних труб  $\sum f_{щ}$  визначається за формулою (87).

23.8. Площа щілин на одній дренажній трубі визначається за формулою:

$$f_{щ}^{\partial.m.} = \frac{\sum f_{щ}}{n_{\partial.m.}}, \text{ м}^2. \quad (100)$$

23.9. Приймається ширина  $b_{щ}$  та довжина  $l_{щ}$  однієї щілини дренажної труби. Оскільки ширина щілини повинна бути на 0,1 мм меншою величини найбільш дрібної фракції фільтруючого завантаження, приймаються щілини шириною  $b_{щ}=0,4 \text{ мм}=0,0004 \text{ м}$ . Довжина щілин у вініпластових трубах складає  $l_{щ}=45-60 \text{ мм}=0,045-0,060 \text{ м}$ , в азбестоцементних –  $l_{щ} \leq 100 \text{ мм} \leq 0,1 \text{ м}$ .

23.10. Площа однієї щілини дренажної труби  $f_{щ}$  визначається за формулою (88).

23.11. Загальна кількість щілин на одній дренажній трубі визначається за формулою:

$$\sum n_{щ} = \frac{f_{щ}^{\partial.m.}}{f_{щ}}, \text{ штуки.} \quad (101)$$

Отримане значення  $\sum n_{щ}$  округляється до максимально цілого числа.

23.12. Коло труби за внутрішньою поверхнею визначається за формулою:

$$S = \pi \cdot d_{\partial.m.}, \text{ м.} \quad (102)$$

23.13. Кількість щілин за колом внутрішньої поверхні труби, що є паралельними повздожній осі труби, визначається за формулою:

$$n_{щ} = \frac{S}{r_{щ}}, \text{ штуки,} \quad (103)$$

$r_{щ}$  – шаг осі щілин за колом дренажної труби, який рекомендується приймати  $r_{щ}=15-20 \text{ мм}=0,015-0,020 \text{ м}$ .

Отримане значення  $n_{щ}$  округляється до максимально цілого числа.

23.14. Шаг осі щілин за колом дренажної труби уточнюється за формулою:

$$(r_{щ}) = \frac{S}{n_{щ}}, \text{ м.} \quad (104)$$

Отримане значення  $(r_{щ})$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $r_{щ}=0,015-0,020 \text{ м}$ . Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість щілин за колом внутрішньої поверхні труби, що є паралельними повздожній осі труби,  $n_{щ}$  та здійснювати перерахунок.

23.15. Загальна кількість рядів щілин за довжиною дренажної труби визначається за формулою:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\sum n_{щ}}{n_{щ}}, \text{ штуки.} \quad (105)$$

Отримане значення  $n_{\text{ряд}}$  округляється до максимально цілого числа.

23.16. Шаг осі щілин за довжиною дренажної труби визначається за формулою:

$$r_L = \frac{L_\phi}{n_{ряд}}, \text{ м} \rightarrow \text{мм.} \quad (106)$$

23.17. Відстань між щілинами за довжиною дренажної труби визначається за формулою:

$$l_L = r_L - l_{щ}, \text{ мм,} \quad (107)$$

$l_{щ}$ , мм.

23.18. Відношення площі щілин до внутрішньої поверхні однієї дренажної труби визначається за формулою:

$$\Delta F = \frac{100 \cdot f_{щ}^{\partial.m.}}{S}, \% \quad (108)$$

Отримане значення  $\Delta F$  не повинно перевищувати рекомендованої величини  $\Delta F < 20\%$ .

### 3.9. Порядок розрахунку вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням

Розрахунок вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.11.

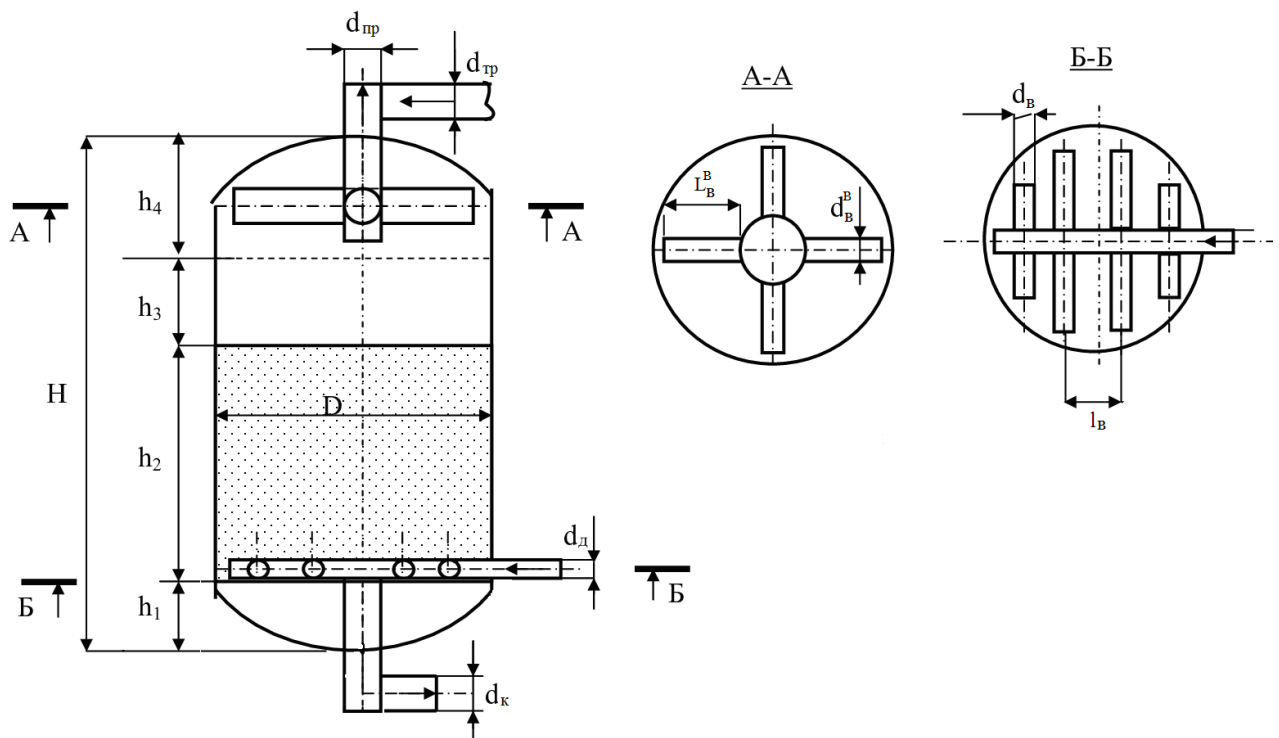


Рис. 3.11 – Розрахункова схема вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням

Основні розрахункові характеристики вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням наведено в табл. А.9.1-А.9.3 Додатка А.

Для вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням передбачається водоповітряне (трьохступеневе) промивання фільтруючого завантаження.

1. Необхідна площа вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням  $F_\phi$  визначається за формулою (3).

Значення  $V_H$  приймається відповідно даних, наведених в табл. А.9.2 Додатка А.

Значення  $w_1, t_1, w_2, t_2, w_3, t_3$  в залежності від матеріалу фільтруючого завантаження та крупності зерен приймаються відповідно даних, наведених в табл. А.9.3 Додатка А. Крім того, значення  $t_1, t_2, t_3$ , хвилини  $\rightarrow$  години.

Кількість промивань одного фільтра за добу  $n_{пром}$  при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою (5). При цьому, тривалість фільтроциклу  $t_\phi$  при нормальному режимі експлуатації рекомендується приймати  $t_\phi=6-12$  годин.

2. Кількість фільтрів  $N_\phi$  визначається за формулою (6).

3. Площа одного фільтра  $F_1$  визначається за формулою (7).

4. Діаметр вертикального напірного фільтра з зернистим завантаженням визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi}}, \text{ м} \quad (109)$$

Приймається стандартний діаметр вертикального напірного фільтра  $D$  (значення якого наведено в табл. А.9.1 Додатка А), який повинен максимально наближатися до розрахункового. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати кількість фільтрів  $N_\phi$ , перераховувати діаметр вертикального напірного фільтра  $D$  та за табл. А.9.1 Додатка А приймати максимально наближений до нього стандартний діаметр. Після цього, необхідно перерахувати площу одного вертикального напірного фільтра за формулою:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot (D)^2}{4}, \text{ м}^2. \quad (110)$$

5. Підбирається склад завантаження фільтра.

Загальна висота фільтруючого шару вертикального напірного фільтра з зернистим завантаженням визначається за формулою:

$$h_2 = h_{\phi.ш.} \cdot \left(1 + \frac{e}{100}\right), \text{ м}, \quad (111)$$

$h_{\phi.ш.}$  – висота шару фільтруючого завантаження, що дорівнює  $h_{\phi.ш.}=1,0$  м;

$e$  – відносне розширення фільтруючого завантаження, що дорівнює  $e=30\%$ .

Вертикальні напірні фільтри з зернистим завантаженням не мають підтримуючого гравійного шару. Тому, в цьому випадку, для відведення доочищеної води та рівномірного розподілу промивної застосовують нижню збірно-розподільчу систему з щільними ковпачками.

6. Приймається кількість резервних фільтрів.

Якщо  $N_\phi < 10$ , то  $N_p=1$ . Якщо  $N_\phi > 10$ , то  $N_p=2$ .

7. Перевіряється швидкість фільтрування.

Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації  $V'_\phi$  визначається за формулою (11).

Отримане значення  $V'_\phi$  повинно відповідати рекомендованому в табл. А.9.2 Додатка А діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%, тобто

$$\Delta V_\phi = \left| \frac{(V'_\phi - V_\phi)}{V_\phi} \cdot 100\% \right| \leq 5\%$$

$V_\phi$  – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. А.9.2 Додатка А.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації  $V_H$  та здійснювати перерахунок.

8. Діаметр трубопроводу  $D_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в фільтри, визначається за формулою (12).

9. Діаметр трубопроводу  $d_{mp}$ , що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, визначається за формулою (13).

10. Значення швидкостей руху води в колекторі ( $v_{mp}$ ), що підводить стічну воду на доочищення в фільтри (один фільтр), уточнюються за формулами (14)-(15).

11. Розрахунок верхньої збірно-розподільчої системи вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням.

Верхня збірно-розподільча система (рис. 3.12) призначена для подачі в фільтр і рівномірного розподілу за площею поперечного перетину стічної води, що надходить на доочищення, а також для відведення з фільтра промивної води..

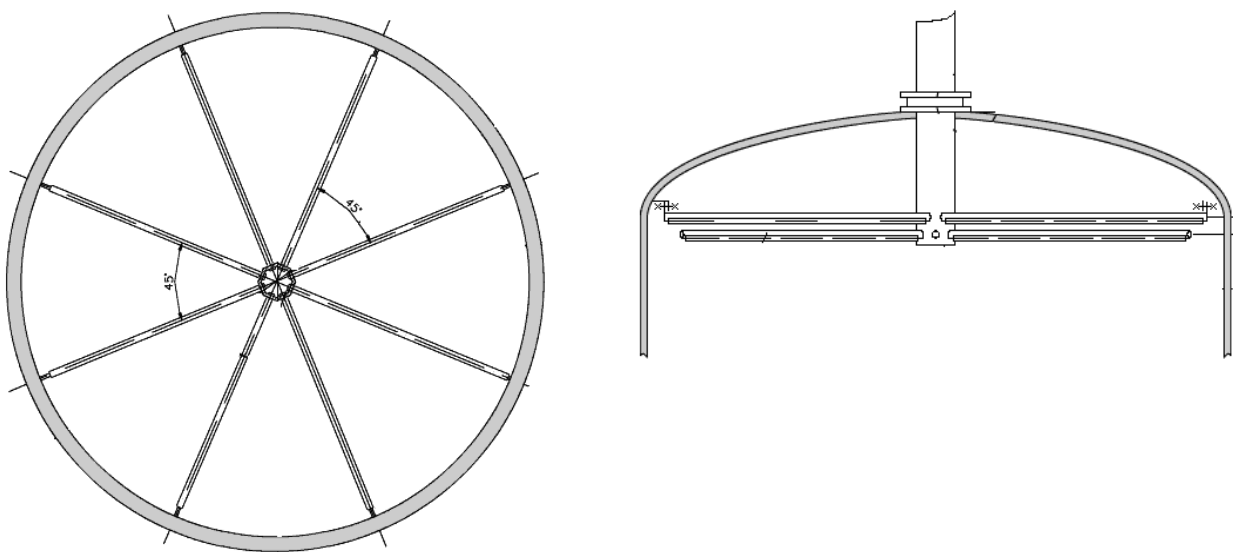


Рис. 3.12 – Верхня збірно-розподільча система вертикального напірного фільтра з зернистим завантаженням

Верхня збірно-розподільча система фільтра складається з колектора та радіально приєднаних до нього розподільчих труб-променів з отворами

11.1. Діаметр вертикального колектора верхньої збірно-розподільчої системи фільтра дорівнює діаметру трубопроводу, що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, тобто  $d_{\delta}^{\epsilon} = d_{mp} = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

11.2. Значення швидкості руху води, що надходить на доочищення на початку вертикального колектора верхньої збірно-розподільчої системи дорівнює значенню швидкості руху води в колекторі, що підводить стічну воду на доочищення в один фільтр, яка визначалася за формулою (15), тобто  $(v_{\delta}^{\epsilon})' = (v_{mp})' = \underline{\hspace{2cm}}$  м/с.

11.3. Приймається кількість відгалужень верхньої збірно-розподільчої системи фільтра, значення якої повинно бути парним числом, тобто  $N_{\epsilon}^{\epsilon} = 4, 6, 8 \dots$  штук.

При цьому, слід зазначити, що при призначенні кількості відгалужень повинна виконуватися умова:  $N_{\epsilon}^{\epsilon} \cdot d_{\epsilon}^{\epsilon} \leq \pi \cdot d_{\delta}^{\epsilon}$ .

11.4. Діаметр відгалужень верхньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$d_{\epsilon}^{\epsilon} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_{\phi} \cdot N_{\epsilon}^{\epsilon} \cdot v_{\epsilon}^{\epsilon}}}, \text{ м}, \quad (112)$$

$v_{\epsilon}^{\epsilon}$  – швидкість руху стічних вод, що надходять на доочищення в фільтр, на початку відгалужень верхньої збірно-розподільчої системи, яку рекомендується приймати  $v_{\epsilon}^{\epsilon} = v_{mp} = 0,8-1,5$  м/с.

Отримане значення  $d_{\epsilon}^{\epsilon}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

11.5. Значення швидкості руху стічних вод, що надходять на доочищення в фільтр, на початку відгалужень верхньої збірно-розподільчої системи уточнюється за формулою:

$$(v_{\epsilon}^{\epsilon})' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N_{\phi} \cdot N_{\epsilon}^{\epsilon} \cdot (d_{\epsilon}^{\epsilon})^2}, \text{ м/с}. \quad (113)$$

Отримане значення  $(v_{\epsilon}^{\epsilon})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{\epsilon}^{\epsilon} = 1,5-2,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\epsilon}^{\epsilon}$  та здійснювати перерахунок.

11.6. Довжина відгалужень верхньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_{\epsilon}^{\epsilon} = 0,9 \cdot \left( \frac{D - d_{\delta}^{\epsilon}}{2} \right), \text{ м}. \quad (114)$$

Отримане значення  $L_6^6$  округляється до першого знака після коми.

11.7. Необхідна сумарна площа всіх отворів у відгалуженнях верхньої збірно-розподільчої системи фільтра  $\sum f_o^6$  визначається за формулою (29).

11.8. Приймається діаметр одного отвору на відгалуженні верхньої збірно-розподільчої системи фільтра, величину якого рекомендується приймати  $d_o^6 = 10-12 \text{ мм} = 0,01-0,012 \text{ м}$ .

11.9. Площа одного отвору на відгалуженні верхньої збірно-розподільчої системи фільтра  $f_o^6$  визначається за формулою (30).

11.10. Загальна кількість отворів у верхній збірно-розподільчій системі фільтра  $\sum n_o^6$  визначається за формулою (31).

11.11. Кількість отворів на одному відгалуженні верхньої збірно-розподільчої системи фільтра  $n_o^6$  визначається за формулою (32).

11.12. Відстань між віссю отворів на одному відгалуженні верхньої збірно-розподільчої системи фільтра  $r_o^6$  визначається за формулою (33).

Отвори на відгалуженнях верхньої збірно-розподільчої системи фільтра розташовуються в два ряди у шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі.

12. Розрахунок нижньої збірно-розподільчої системи вертикального напірного фільтра з зернистим завантаженням.

Нижня збірно-розподільча система (рис. 3.13) складається з горизонтального колектора, що спирається своїм відведенням в нижнє еліптичне днище корпусу фільтра, розподільчих труб та підтримуючого пристрою.

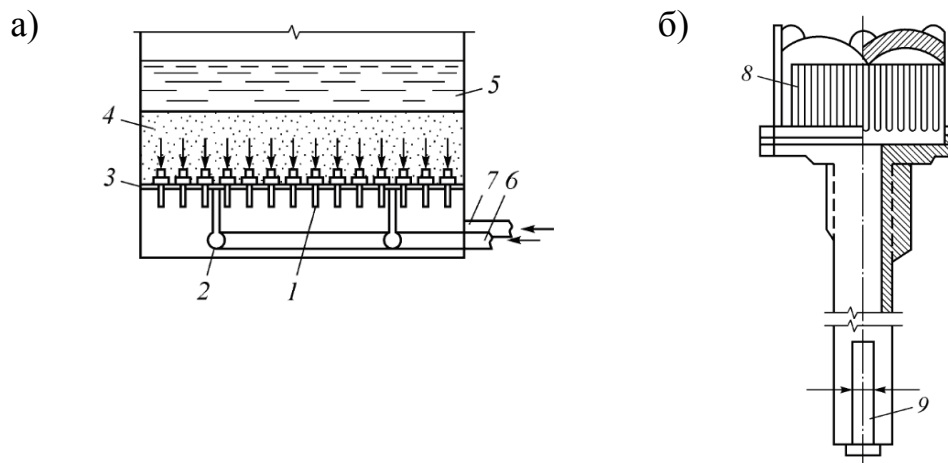


Рис. 3.13 – Нижня збірно-розподільча система вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням

а – ковпачковий дренаж; б – ковпачок В-1;

1 – щілинний ковпачок; 2 – повітророзподільник; 3 – «помилкове» днище у вигляді залізобетонної плити; 4 – фільтруюче завантаження; 5 – «водяна подушка»; 6, 7 – подача повітря та води, відповідно; 8 – щілини; 9 – щілина для входу повітря

На розподільчі труби приварюються штуцера, на які накручуються щілинні ковпачки. Після монтажу пристрою відбувається заливка бетоном із цементною стяжкою так, щоб незабетонованими залишалися тільки різьбові штуцера, які призначені для встановлення щілинних ковпачків.

12.1. Витрати промивної води  $q_{np}$  визначаються за формулою (21).

12.2. Діаметр колектора нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $d_\delta$  визначається за формулою (22).

12.3. Значення швидкості руху промивної води на початку колектора нижньої збірно-розподільчої системи фільтра  $(v_\delta)'$  уточнюється за формулою (23).

12.4. Кількість відгалужень у вигляді горизонтальних сталевих труб з кожної сторони колектора нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$N_\epsilon = \frac{D}{l_\epsilon}, \text{ штуки,} \quad (115)$$

$l_\epsilon$  – відстань між відгалуженнями нижньої розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $l_\epsilon=0,25-0,35$  м.

Отримане значення  $N_\epsilon$  округлюється до непарного цілого числа (5, 7, 9 ...).

12.5. Відстань між відгалуженнями нижньої збірно-розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(l_\epsilon)' = \frac{D}{N_\epsilon}, \text{ м.} \quad (116)$$

Отримане значення  $(l_\epsilon)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_\epsilon=0,25-0,35$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість відгалужень нижньої розподільчої системи фільтра  $N_\epsilon$  та здійснювати перерахунок.

12.6. Діаметр відгалужень нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$d_\epsilon = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot 2 \cdot N_\epsilon \cdot v_\epsilon}}, \text{ м,} \quad (117)$$

$v_\epsilon$  – швидкість руху промивної води на початку відгалужень нижньої розподільчої системи фільтра, яку рекомендується приймати  $v_\epsilon=1,6-2,0$  м/с.

Отримане значення  $d_\epsilon$  округляється до стандартного розміру діаметра.

12.7. Значення швидкості руху промивної води на початку відгалужень нижньої розподільчої системи фільтра уточнюється за формулою:

$$(v_\epsilon)' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot 2 \cdot N_\epsilon \cdot (d_\epsilon)^2}, \text{ м/с.} \quad (118)$$

Отримане значення  $(v_\epsilon)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_\epsilon=1,6-2,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_\epsilon$  та здійснювати перерахунок.

Відгалуження розрахованого діаметру у вигляді горизонтальних сталевих труб приварюються до колектора під прямим кутом.



12.8. На штуцерах відгалужень прикріплюються фарфорові щілинні дренажні ковпачки ВТІ-5 або ВТІ-2.

Необхідна сумарна площа всіх щілин у дренажних ковпачках нижньої розподільчої системи повинна складати 0,8-1% від робочої площі фільтра.

Необхідна сумарна площа всіх щілин у дренажних ковпачках нижньої розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$\sum f_{щ} = \frac{(0,8 \div 1) \cdot F_1}{100}, \text{ м}^2. \quad (119)$$

12.9. Площа щілин на кожному ковпачку ВТІ-5 складає  $f_{щ}=192 \text{ мм}^2=0,000192 \text{ м}^2$ ; на ковпачку ВТІ-2 –  $f_{щ}=240 \text{ мм}^2=0,00024 \text{ м}^2$ .

12.10. Загальна кількість ковпачків на відгалуженнях нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$\sum n_k = \frac{\sum f_{щ}}{f_{щ}}, \text{ штуки.} \quad (120)$$

Отримане значення  $\sum n_k$  округляється до максимально цілого числа.

12.11. Кількість ковпачків, що приходить на  $1 \text{ м}^2$  фільтра, перевіряється за формулою:

$$\frac{\sum n_k}{F_1} = \text{штук/1 м}^2. \quad (121)$$

Отримане значення повинно відповідати рекомендованому діапазону – не менше 35-50 штук на  $1 \text{ м}^2$  фільтра.

12.12. Оскільки фільтр має в плані круглий перетин, то відгалуження з кожної сторони колектора нижньої розподільчої системи будуть різної довжини. Тому необхідно визначити довжину кожного відгалуження.

Наприклад, приймається 13 відгалужень з однієї сторони колектора розподільчої системи. Центральне відгалуження (перше) буде найдовшим, а інші відгалуження (з другого по дванадцяте) будуть парні відносно найдовшого:

- довжина найдовшого (першого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^1 = 0,9 \cdot \left( R - \frac{d_\partial}{2} \right), \text{ м}; \quad (122)$$

- довжина другого (восьмого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^2 = L_6^8 = 0,9 \cdot \left[ \left( \sqrt{(R)^2 - (l_6^1)^2} \right) - \frac{d_\partial}{2} \right], \text{ м}; \quad (123)$$

- довжина третього (дев'ятого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^3 = L_6^9 = 0,9 \cdot \left[ \left( \sqrt{(R)^2 - (2 \cdot l_6^1)^2} \right) - \frac{d_\partial}{2} \right], \text{ м}; \quad (124)$$

- довжина четвертого (десятого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^4 = L_6^{10} = 0,9 \cdot \left[ \left( \sqrt{(R)^2 - (3 \cdot l'_6)^2} \right) - \frac{d_o}{2} \right], \text{ м}; \quad (125)$$

- довжина п'ятого (одинадцятого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^5 = L_6^{11} = 0,9 \cdot \left[ \left( \sqrt{(R)^2 - (4 \cdot l'_6)^2} \right) - \frac{d_o}{2} \right], \text{ м}; \quad (126)$$

- довжина шостого (дванадцятого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^6 = L_6^{12} = 0,9 \cdot \left[ \left( \sqrt{(R)^2 - (5 \cdot l'_6)^2} \right) - \frac{d_o}{2} \right], \text{ м}; \quad (127)$$

- довжина сьомого (тринадцятого) відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$L_6^7 = L_6^{13} = 0,9 \cdot \left[ \left( \sqrt{(R)^2 - (6 \cdot l'_6)^2} \right) - \frac{d_o}{2} \right], \text{ м}; \quad (128)$$

$R$  – радіус вертикального напірного фільтра, що дорівнює  $\frac{D}{2}$ , м.

Отримані значення  $L_6^i$  округляються до першого знака після коми.

12.13. Сумарна довжина всіх відгалужень нижньої розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$\sum L_6 = 4 \cdot (L_6^2 + L_6^3 + L_6^4 + L_6^5 + L_6^6 + L_6^7) + 2 \cdot L_6^1, \text{ м}. \quad (129)$$

12.14. Середня відстань між дренажними ковпачками нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$l_k = \frac{\sum L_6}{\sum n_k}, \text{ м}. \quad (130)$$

Отримане значення  $l_k$  округляється до першого знака після коми.

12.15. Кількість ковпачків на кожному відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулами:

- кількість ковпачків на найдовшому (першому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^1 = \frac{L_6^1}{l_k}, \text{ м}; \quad (131)$$

- кількість ковпачків на другому (восьмому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^2 = n_k^8 = \frac{L_6^2}{l_k}, \text{ м}; \quad (132)$$

- кількість ковпачків на третьому (дев'ятому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^3 = n_k^9 = \frac{L_g^3}{l_k}, \text{ м}; \quad (133)$$

- кількість ковпачків на четвертому (десятому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^4 = n_k^{10} = \frac{L_g^4}{l_k}, \text{ м}; \quad (134)$$

- кількість ковпачків на п'ятому (одиннадцятому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^5 = n_k^{11} = \frac{L_g^5}{l_k}, \text{ м}; \quad (135)$$

- кількість ковпачків на шостому (дванадцятому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^6 = n_k^{12} = \frac{L_g^6}{l_k}, \text{ м}; \quad (136)$$

- кількість ковпачків на сьомому (тринадцятому) відгалуженні нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначається за формулою:

$$n_k^7 = n_k^{13} = \frac{L_g^7}{l_k}, \text{ м}. \quad (137)$$

Отримані значення  $n_k^i$  округляються до максимально цілого числа.

12.16. Витрати промивної води в розрахунку на один дренажний ковпачок нижньої збірно-розподільчої системи фільтра визначаються за формулою:

$$q_k = \frac{q_{np}}{\sum n_k}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (138)$$

12.17. Швидкість промивної води, що проходить крізь щілину ковпачка нижньої збірно-розподільчої системи фільтра, визначається за формулою:

$$v_{щ} = \frac{q_k}{f_{щ}}, \text{ м/с}. \quad (139)$$

12.18. Витрати промивної води, що приходяться на найдовше відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра з найбільшою кількістю ковпачків, визначаються за формулою:

$$q_{np}^1 = q_k \cdot n_k^1, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (140)$$

12.19. Діаметр найдовшого відгалуження нижньої збірно-розподільчої системи фільтра з найбільшою кількістю ковпачків визначається за формулою:

$$d_{\epsilon}^1 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}^1}{\pi \cdot v_{\epsilon}}}, \text{ м}, \quad (141)$$

$v_{\epsilon}$  – швидкість руху промивної води на початку найдовшого відгалуження з найбільшою кількістю ковпачків, яку рекомендується приймати  $v_{\epsilon}=1,6-2,0$  м/с.

Отримане значення  $d_{\epsilon}^1$  округляється до стандартного розміру діаметра.

12.20. Значення швидкості руху промивної води на початку найдовшого відгалуження з найбільшою кількістю ковпачків уточнюється за формулою:

$$(v_{\epsilon})' = \frac{4 \cdot q_{np}^1}{\pi \cdot (d_{\epsilon}^1)^2}, \text{ м/с}. \quad (142)$$

Отримане значення  $(v_{\epsilon})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{\epsilon}=1,6-2,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\epsilon}^1$  та здійснювати перерахунок.

13. Розрахунок пристроїв для збору та відведення промивної води.

Відведення промивної води з вертикального напірного фільтра з зернистим завантаженням здійснюється за допомогою водозбірної воронки.

13.1. Діаметр водозбірної воронки вертикального напірного фільтра визначається за формулою:

$$d_{\epsilon.в.} = (0,2 \div 0,25) \cdot D, \text{ м}. \quad (143)$$

Отримане значення  $d_{\epsilon.в.}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

13.2. Діаметр трубопроводу  $d_{np}$ , що відводить промивну воду з вертикального напірного фільтра, визначається за формулою (43).

13.3. Значення швидкості руху промивної води в трубопроводі  $(v_{np})'$ , що відводить її з вертикального напірного фільтра, уточнюється за формулою (44).

14. Витрати повітря  $q_{новітря}$  визначаються за формулою (56).

15. Діаметр трубопроводу  $d_{\delta}^n$ , що підводить повітря до дренажних ковпачків, визначається за формулою (57). При цьому, швидкість руху повітря на вході до трубопроводу, що підводить повітря до дренажних ковпачків, рекомендується приймати  $v_{новітря}=15-20$  м/с.

16. Значення швидкості руху повітря на вході до трубопроводу  $(v_{новітря})'$ , що підводить повітря до дренажних ковпачків, уточнюється за формулою (58).

Отримане значення  $(v_{новітря})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{новітря}=15-20$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{\delta}^n$  та здійснювати перерахунок.

17. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах  $D_{\kappa}$  визначається за формулою (52).

18. Діаметр трубопроводу для відведення води після її доочищення в одному фільтрі  $d_{\kappa}$  визначається за формулою (53).

19. Значення швидкостей руху води в кінці трубопроводу для відведення води після її доочищення в фільтрах (одному фільтрі) ( $v_k$ ) уточнюються за формулами (54)-(55).

20. Загальна висота вертикального напірного фільтра  $H$  визначається за формулою (10). При цьому, висота підзавантажувального простору  $h_1$  визначається за формулою (92).

21. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

### 3.10. Порядок розрахунку сіток і мікрофільтрів

Сітки застосовуються для видалення зі стічних вод грубодисперсної нейтральної за плавучістю зависі.

При цьому можуть бути використані два типи сіток:

- плоскі – при малих витратах стічних вод (до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ );
- барабанні – при великих витратах стічних вод (більш  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Мікрофільтри використовуються для видалення з води дрібнодисперсних домішок.

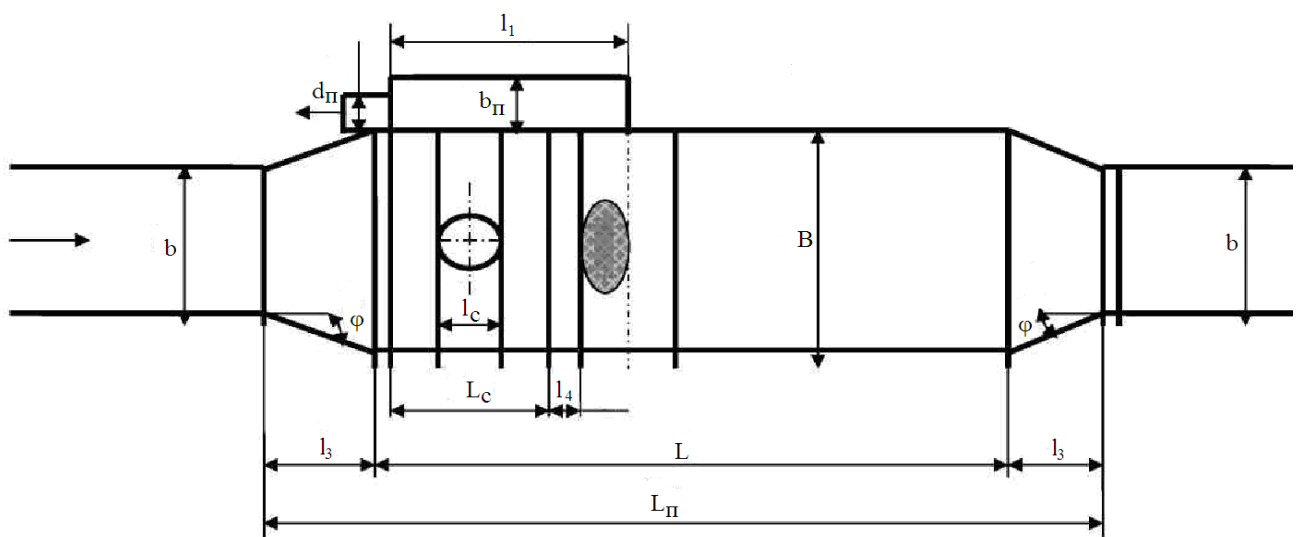
Також, як і сітки, вони можуть бути двох типів:

- каркасні – при малих витратах стічних вод (до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ );
- барабанні – при великих витратах стічних вод (більш  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Основні технічні характеристики барабанних сіток та барабанних мікрофільтрів наведені в табл. А.10.1-А.10.2 Додатка А.

#### 3.10.1. Порядок розрахунку плоских сіток (каркасних мікрофільтрів)

Розрахунок плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.14.



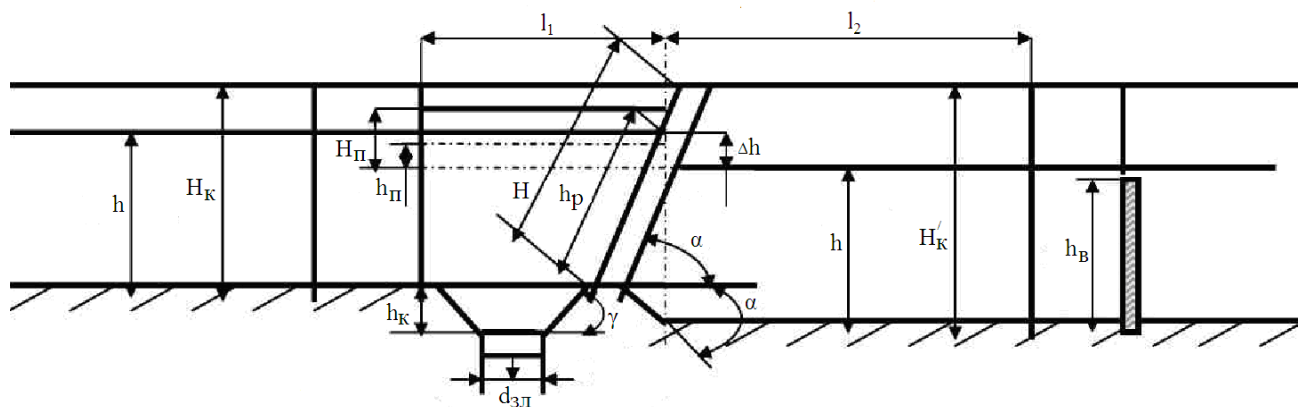


Рис. 3.14 – Розрахункова схема плоских сіток (каркасних мікрофільтрів)

1. Робоча площа сіток визначається за формулою:

$$F_c = \frac{K_{\max} \cdot q_c}{v_c} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ м}^2, \quad (144)$$

$q_c$  – середньосекундні витрати стічних вод, що надходять на очищення (доочищення) в сітки (мікрофільтри) та визначаються за формулою:

$$q_c = \frac{q_{\text{година}}}{60 \cdot 60}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (145)$$

$q_{\text{година}}$  – середньогодинні витрати стічних вод, що надходять на очищення (доочищення) в сітки (мікрофільтри), значення яких наведено у вихідних даних (табл. Б.2 Додатка Б),  $\text{м}^3/\text{годину}$ ;

$v_c$  – швидкість руху води в сітці, яку рекомендується приймати для плоских сіток –  $v_c=0,2-0,4$  м/с, для барабанних сіток –  $v_c=0,4-1,0$  м/с;

$K_{\max}$  – максимальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, що визначається за табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення максимального коефіцієнта нерівномірності притоку стічних вод в залежності від величин середніх витрат

Середні секундні витрати стічних вод $q_c$ , л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 та більше
Максимальний коефіцієнт нерівномірності $K_{\max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44

Примітка: Проміжні значення середніх витрат стічних вод та максимального коефіцієнта нерівномірності слід знаходити методом інтерполяції

$K_1$  – коефіцієнт стиснення площі сіток проволокою та опорними рамами, що визначається за формулою:

$$K_1 = \left( \frac{b+d}{b} \right)^2 \cdot (1 + F_1), \quad (146)$$

$b$  – прозор осередки сітки, який рекомендується приймати  $b=0,5-5$  мм;

$d$  – діаметр проволочки сітки, який рекомендується приймати  $d=0,3-2$  мм;

$F_1$  – частина площі сітки, що зайнята рамами та шарнірами, яку рекомендується приймати  $F_1=0,1-0,25$ , частка від одиниці;

$K_2$  – коефіцієнт забруднення сітки, який рекомендується приймати  $K_2=1,2-1,8$ .

Необхідна площа фільтруючої поверхні для каркасних мікрофільтрів визначається за формулою:

$$F_{к.м.} = \frac{K_{\max} \cdot q_c}{T \cdot v_{\phi}} \cdot K_1^*, \text{ м}^2, \quad (147)$$

$T$  – тривалість роботи станції очищення впродовж доби, години;

$v_{\phi}$  – швидкість фільтрування, яку рекомендується приймати  $v_{\phi}=20-90$  м/годину (при доочищенні біохімічно очищених стічних вод  $v_{\phi}=20-25$  м/годину);

$K_1^*$  – коефіцієнт, що враховує збільшення продуктивності каркасних мікрофільтрів за рахунок очищення промивної води, який рекомендується приймати  $K_1^*=1,03-1,05$ .

2. Висота робочої частини пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$h_p = \sqrt{\frac{F_{с(к.м.)}}{K_3 \cdot N}}, \text{ м}, \quad (148)$$

$K_3$  – коефіцієнт пропорційності між висотою робочої частини сітки та її шириною, який рекомендується приймати  $K_3=1,0-1,5$ ;

$N$  – кількість робочих пласких сіток (каркасних мікрофільтрів), що приймається самостійно.

Отримане значення  $h_p$  округляється до першого знака після коми.

Висоту робочої частини пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) не рекомендується приймати більшою 1,5 м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати кількість пласких сіток (каркасних мікрофільтрів)  $N$  та здійснювати перерахунок.

3. Ширина пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$B = \frac{h_p}{K_3}, \text{ м}. \quad (149)$$

Отримане значення  $B$  округляється до першого знака після коми.

4. Глибина води в камері перед пласкою сіткою (каркасним мікрофільтром) та за нею (за ним), а також в каналах, що підводять та відводять стічну воду, визначається за формулою:

$$h = \frac{h_p}{\text{tg} \alpha}, \text{ м}, \quad (150)$$

$\alpha$  – кут нахилу пласкої сітки (каркасного мікрофільтра), який рекомендується приймати  $\alpha=60-70^\circ$ .

Отримане значення  $h$  округляється до першого знака після коми.

5. Глибина камери перед пласкою сіткою (каркасним мікрофільтром) та глибина каналу, що підводить стічну воду, визначається за формулою:

$$H_k = h + h', \text{ м}, \quad (151)$$

$h'$  – резервна висота (відстань від поверхні води до підлоги приміщення пласких сіток (каркасних мікрофільтрів)), яку рекомендується приймати  $h'=0,3-0,5$  м.

Отримане значення  $H_k$  округляється до першого знака після коми.

6. Повна висота пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$H = H_k \cdot \text{tg } \alpha, \text{ м}. \quad (152)$$

Отримане значення  $H$  округляється до першого знака після коми.

7. Довжина камери пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$L = l_1 + l_2, \text{ м}, \quad (153)$$

$l_1$  та  $l_2$  – довжини ділянок камери, відповідно, перед пласкою сіткою (каркасним мікрофільтром) та за нею (за ним), які рекомендується приймати  $l_1=0,5-0,8$  м та  $l_2=0,8-1,0$  м, відповідно.

8. Ширина каналів, що підводять та відводять стічну воду, визначається за формулою:

$$b = \frac{q_c}{h \cdot v_k}, \text{ м}, \quad (154)$$

$v_k$  – швидкість руху стічних вод в каналі, яку рекомендується приймати  $v_k=0,8-1,0$  м/с.

Отримане значення  $b$  округляється до першого знака після коми.

9. Довжина ділянок звуження та розширення камери пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$l_3 = \frac{(B - b)}{2} \cdot \text{tg } \varphi, \text{ м}, \quad (155)$$

$\varphi$  – кут розкриття каналу (звуження камери пласкої сітки (каркасного мікрофільтра)), який рекомендується приймати  $\varphi=15^\circ$ .

Отримане значення  $l_3$  округляється до першого знака після коми.

10. Глибина камери за пласкою сіткою (каркасним мікрофільтром) визначається за формулою:

$$H'_k = h + \Delta h + h', \text{ м}, \quad (156)$$

$\Delta h$  – робочий перепад рівнів води, що дорівнює  $\Delta h=0,2$  м.

11. Висота водозливу пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$h_g = 0,9 \cdot h, \text{ м}. \quad (157)$$



Отримане значення  $h_e$  округляється до першого знака після коми.

12. Повна довжина камери пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$L_n = L + 2 \cdot l_3, \text{ м.} \quad (158)$$

Для запобігання переповнення камери пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) слід передбачити переливний лоток.

13. Діаметр трубопроводу для відведення води з переливного лотка пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N \cdot v_{mp}}}, \text{ м,} \quad (159)$$

$v_{mp}$  – швидкість руху води в трубопроводі для відведення води з переливного лотка пласкої сітки (каркасного мікрофільтра), яку рекомендується приймати  $v_{mp}=0,8-1,0$  м/с.

Отримане значення  $d_n$  округляється до стандартного розміру діаметра.

14. Значення швидкості руху води в трубопроводі для відведення води з переливного лотка пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) уточнюється за формулою:

$$(v_{mp})' = \frac{4 \cdot q_c}{\pi \cdot N \cdot (d_n)^2}, \text{ м/с.} \quad (160)$$

Отримане значення  $(v_{mp})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{mp}=0,8-1,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_n$  та здійснювати перерахунок.

15. Ширина переливного лотка пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$b_n = K_n \cdot d_n, \text{ м,} \quad (161)$$

$K_n$  – коефіцієнт запасу, який рекомендується приймати  $K_n=1,1-1,25$ .

Отримане значення  $b_n$  округляється до першого знака після коми.

16. Глибина води в переливному лотку пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$h_n = \frac{q_c}{\pi \cdot N \cdot b_n \cdot v_l}, \text{ м,} \quad (162)$$

$v_l$  – швидкість руху води в переливному лотку пласкої сітки (каркасного мікрофільтра), яку рекомендується приймати  $v_l=v_{mp}=0,8-1,0$  м/с.

Отримане значення  $h_n$  округляється до першого знака після коми.

17. Глибина переливного лотка пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$H_{II} = h_n + \Delta h_e, \text{ м,} \quad (163)$$

$\Delta h_e$  – підняття водозливу над рівнем води в камері пласкої сітки (каркасного мікрофільтра), яке рекомендується приймати  $\Delta h_e=0,05$  м.

Отримане значення  $H_n$  округляється до першого знака після коми.

Промивання пласкої сітки (каркасного мікрофільтра) здійснюється подачею промивної води, як правило, в якості якої використовується вода, що була проціджена через цю ж сітку (профільтрована через цей же мікрофільтр) в протитечію очищеній воді за умови осушення камери пласкої сітки (каркасного мікрофільтра).

Об'єм такої води  $W_{np}$ , м<sup>3</sup>, рекомендується приймати: для сіток – 3%, для мікрофільтрів – 5% від витрат води, що надходить на очищення.

Система розподілення промивної води встановлюється безпосередньо за пласкою сіткою (каркасним мікрофільтром) та являє собою набір труб з соплами.

18. Об'єм промивної води в перерахунку на годинні витрати визначається за формулами:

- для сіток:

$$W_{np} = 0,03 \cdot q_c, \text{ м}^3; \quad (164)$$

- для мікрофільтрів:

$$W_{np} = 0,05 \cdot q_c, \text{ м}^3. \quad (165)$$

19. Витрати промивної води визначаються за формулою:

$$q_{np} = \frac{W_{np}}{t_{np}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (166)$$

$t_{np}$  – тривалість промивання, яку рекомендується приймати  $t_{np}=300-600$  секунд.

20. Діаметр трубопроводу для подачі промивної води в пласкі сітки (каркасні мікрофільтри) визначається за формулою:

$$d_{np} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot v_{np}}}, \text{ м}, \quad (167)$$

$v_{np}$  – швидкість руху води в трубопроводі для подачі промивної води в пласкі сітки (каркасні мікрофільтри), яку рекомендується приймати  $v_{np}=3$  м/с.

Отримане значення  $d_{np}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

21. Значення швидкості руху води в трубопроводі для подачі промивної води в пласкі сітки (каркасні мікрофільтри) уточнюється за формулою:

$$(v_{np})' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot (d_{np})^2}, \text{ м/с}. \quad (168)$$

Отримане значення  $(v_{np})'$  повинно відповідати рекомендованому  $v_{mp}=3$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{np}$  та здійснювати перерахунок.

22. Кількість відгалужень промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$N_g = \frac{2 \cdot B}{l_g}, \text{ штуки}, \quad (169)$$

$l_g$  – відстань між відгалуженнями (відстань між соплами на відгалуженнях промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів)), яку рекомендується приймати  $l_g=0,2-0,25$  м.

Отримане значення  $N_g$  округлюється до парного цілого числа, тому що відгалуження розташовуються з двох сторін трубопроводу промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів). Таким чином, з кожної сторони трубопроводу промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів)

розміщують  $\frac{N_g}{2} = \text{---}$  штук відгалужень.

23. Відстань між відгалуженнями (відстань між соплами на відгалуженнях промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів)) уточнюється за формулою:

$$(l_g)' = \frac{2 \cdot B}{N_g}, \text{ м.} \quad (170)$$

Отримане значення  $(l_g)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_g=0,2-0,25$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість відгалужень промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів)  $N_g$  та здійснювати перерахунок.

24. Довжина відгалужень промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$L_g = 0,4 \cdot \left( h_p - \frac{d_{np}}{2} \right), \text{ м.} \quad (171)$$

Отримане значення  $L_g$  округляється до першого знака після коми.

25. Кількість сопел на одному відгалуженні промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$n_c = \frac{L_g}{l_c}, \text{ штуки,} \quad (172)$$

$l_c$  – відстань між віссю сопел на одному відгалуженні промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів), яку рекомендується приймати  $l_c=0,12-0,16$  м.

Отримане значення  $n_c$  округляється до парного цілого числа, тому що сопла розташовуються з двох сторін одного відгалуження. Таким чином, з кожної сторони відгалуження промивної системи пласких сіток (каркасних

мікрофільтрів) розміщують  $\frac{n_c}{2} = \text{---}$  штук сопел.

26. Відстань між віссю сопел на одному відгалуженні промивної системи пласких сіток (каркасних мікрофільтрів) уточнюється за формулою:

$$(l_c)' = \frac{L_g}{n_c}, \text{ м.} \quad (173)$$

Отримане значення  $(l_c)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_c=0,12-0,16$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість сопел на одному відгалуженні промивної системи плоских сіток (каркасних мікрофільтрів)  $n_c$  та здійснювати перерахунок.

27. Загальна кількість сопел на відгалуженнях промивної системи плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$N_c = N_g \cdot n_c, \text{ штуки.} \quad (174)$$

28. Діаметр відгалужень промивної системи плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$d_g = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot N_g \cdot v_{np}}}, \text{ м.} \quad (175)$$

Отримане значення  $d_g$  округляється до стандартного розміру діаметра.

29. Значення швидкості руху води в трубопроводі для подачі промивної води в плоскі сітки (каркасні мікрофільтри) уточнюється за формулою:

$$(v_{np})' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot N_g \cdot (d_g)^2}, \text{ м/с.} \quad (176)$$

Отримане значення  $(v_{np})'$  повинно відповідати рекомендованому  $v_{np}=3$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_g$  та здійснювати перерахунок.

30. Діаметр впускних отворів сопел на відгалуженнях промивної системи плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$d_{омв} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot N_c \cdot v_c}}, \text{ м,} \quad (177)$$

$v_c$  – швидкість виходу води з сопел на відгалуженнях промивної системи плоских сіток (каркасних мікрофільтрів), яку рекомендується приймати  $v_c=1,8-2,0$  м/с.

Отримане значення  $d_{омв}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

31. Значення швидкості виходу води з сопел на відгалуженнях промивної системи плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) уточнюється за формулою:

$$(v_c)' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot N_c \cdot (d_{омв})^2}, \text{ м/с.} \quad (178)$$

Отримане значення  $(v_c)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_c=1,8-2,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{омв}$  та здійснювати перерахунок.

Відведення промивної води здійснюється через зливний приямок.

32. Діаметр зливного трубопроводу для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$d_{3л} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot v_{3л}}}, \text{ м}, \quad (179)$$

$v_{3л}$  – швидкість руху води в зливному трубопроводі для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів), яку рекомендується приймати  $v_{3л}=0,8-1,0$  м/с.

Отримане значення  $d_{3л}$  округляється до стандартного розміру діаметра.

33. Значення швидкості руху води в зливному трубопроводі для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) уточнюється за формулою:

$$(v_{3л})' = \frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot (d_{3л})^2}, \text{ м/с}. \quad (180)$$

Отримане значення  $(v_{3л})'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $v_{3л}=0,8-1,0$  м/с. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) стандартний діаметр  $d_{3л}$  та здійснювати перерахунок.

34. Довжина нижньої основи зливного прямокутника для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$l_c = K_n \cdot d_{3л}, \text{ м}, \quad (181)$$

$K_n$  – коефіцієнт запасу, який рекомендується приймати  $K_n=1,1-1,25$ .

Отримане значення  $l_c$  округляється до першого знака після коми.

35. Довжина верхньої основи зливного прямокутника для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$L_c = l_c + 2 \cdot \frac{h_c}{\text{tg } \gamma}, \text{ м}, \quad (182)$$

$\gamma$  – кут нахилу стінок прямокутника для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів), який рекомендується приймати  $\gamma=50-55^\circ$ ;

$h_c$  – глибина прямокутника для відведення промивної води з плоских сіток (каркасних мікрофільтрів), яку рекомендується приймати  $h_c=0,2-0,3$  м.

Отримане значення  $L_c$  округляється до першого знака після коми.

36. Відстань від нижньої кромки плоскої сітки (каркасного мікрофільтра) до зливного прямокутника рекомендується приймати не більшою  $0,15$  м, тобто  $l_4 \leq 0,15$  м.

37. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин ( $C_{кінцева}^{завис}$ ) та показником БСК<sub>повн</sub> ( $C_{кінцева}^{БСК}$ ) визначається за формулами (68) та (69).

38. Загальна кількість плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$N_3 = N + N_p, \text{ штуки}, \quad (183)$$

$N_p$  – резервна кількість плоских сіток (каркасних мікрофільтрів), яка приймається за табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількість резервних сіток (мікрофільтрів)

Кількість робочих сіток (мікрофільтрів) $N$ , штуки	Кількість резервних сіток (мікрофільтрів) $N_p$ , штуки
1-5	1
6-10	1-2
11 та більше	2-3

### 3.10.2. Порядок розрахунку барабаних сіток (барабаних мікрофільтрів)

Розрахунок барабаних сіток (барабаних мікрофільтрів) виконується відповідно до схеми, наведеної на рис. 3.15.

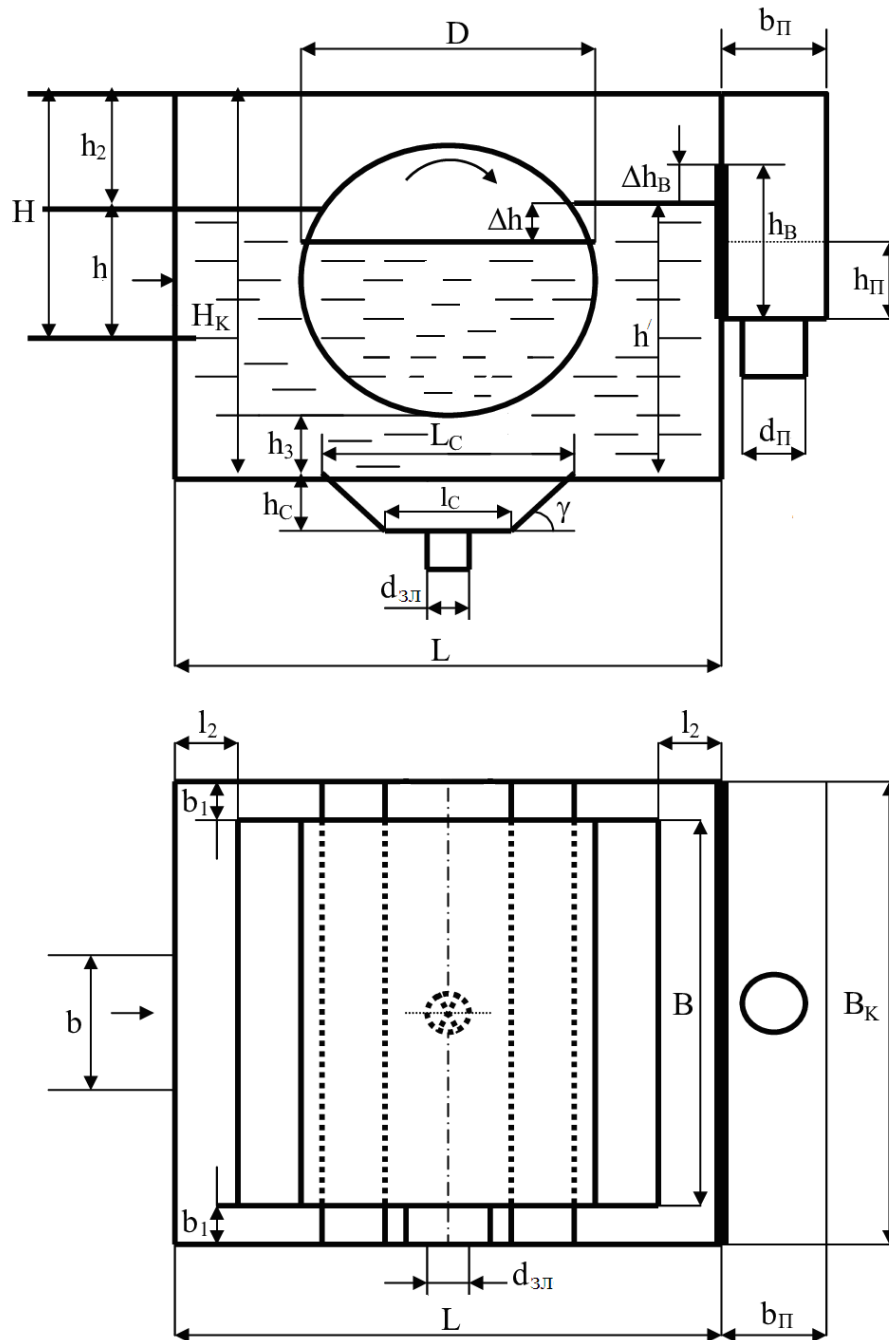


Рис. 3.15 – Розрахункова схема барабаних сіток (барабаних мікрофільтрів)

1. Робоча площа барабанних сіток визначається за формулою (144).

Необхідна площа фільтруючої поверхні для барабанних мікрофільтрів визначається за формулою:

$$F_{к.м.} = \frac{K_{max} \cdot q_c}{K_2^* \cdot T \cdot v_\phi} \cdot K_1^*, \text{ м}^2, \quad (184)$$

$q_c$  – середньосекундні витрати стічних вод, що надходять на доочищення в барабанні мікрофільтри та визначаються за формулою (145), м<sup>3</sup>/с;

$K_{max}$  – максимальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, що визначається за табл. 3.2;

$T$  – тривалість роботи станції очищення впродовж доби, години;

$v_\phi$  – швидкість фільтрування, яку рекомендується приймати  $v_\phi=20-90$  м/годину (при доочищенні біохімічно очищених стічних вод  $v_\phi=20-25$  м/годину);

$K_1^*$  – коефіцієнт, що враховує збільшення продуктивності барабанних мікрофільтрів за рахунок очищення промивної води, який рекомендується приймати  $K_1^*=1,03-1,05$ ;

$K_2^*$  – коефіцієнт, що враховує площу фільтруючої поверхні, яка розташовується над водою. Значення коефіцієнта рекомендується приймати при зануренні барабана на 0,6 діаметра –  $K_2^*=0,55$ , при зануренні барабана на 0,7 діаметра –  $K_2^*=0,63$ .

2. Основним елементом барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) є обертовий циліндричний барабан, діаметр якого визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{F_{с(б.м.)}}{\pi \cdot N \cdot K_\phi}}, \text{ м.} \quad (185)$$

$K_\phi$  – коефіцієнт, що характеризується співвідношенням між діаметром барабана та його шириною, який рекомендується приймати для барабанних сіток –  $K_\phi=0,5-2$ , для барабанних мікрофільтрів –  $K_\phi=1-3$ ;

$N$  – кількість робочих барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів), що приймається самостійно.

Отримане значення  $D$  округляється до першого знака після коми.

Діаметр барабана повинен знаходитися в межах  $D=0,5-1,5$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати кількість барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $N$  та здійснювати перерахунок.

3. Ширина барабана визначається за формулою:

$$B = K_\phi \cdot D, \text{ м.} \quad (186)$$

Отримане значення  $B$  округляється до першого знака після коми.

4. Довжина та ширина камери барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) визначається за формулами:

$$L = K_L \cdot D, \text{ м;} \quad (187)$$

$$B_{\kappa} = K_{\epsilon} \cdot B, \text{ м}, \quad (188)$$

$K_L$  – коефіцієнт, який рекомендується приймати  $K_L=1,2-1,5$ ;

$K_{\epsilon}$  – коефіцієнт, який рекомендується приймати  $K_{\epsilon}=1,2-1,3$ .

Отримані значення  $L$  та  $B_{\kappa}$  округляються до першого знака після коми.

5. Величини зазорів між барабаном та стінками камери барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) визначаються за формулами:

- за довжиною:

$$l_2 = \frac{L - D}{2}, \text{ м}, \quad (189)$$

- за шириною:

$$b_1 = \frac{B_{\kappa} - B}{2}, \text{ м}. \quad (190)$$

Отримані значення  $l_2$  та  $b_1$  округляються до першого знака після коми.

6. Глибина води в каналі барабанної сітки (барабанного мікрофільтра), що підводить стічну воду, та ширина цього каналу визначаються за формулою:

$$h = b = \sqrt{\frac{q_c}{N \cdot v_{\kappa}}}, \text{ м}, \quad (191)$$

$v_{\kappa}$  – швидкість руху стічних вод в каналі барабанної сітки (барабанного мікрофільтра), яку рекомендується приймати  $v_{\kappa}=0,4-1,0$  м/с.

Отримані значення  $h$  ( $b$ ) округляються до першого знака після коми.

7. Глибина каналу барабанної сітки (барабанного мікрофільтра), що підводить стічну воду, визначається за формулою:

$$H = h + h_2, \text{ м}, \quad (192)$$

$h_2$  – резервна висота, яку рекомендується приймати  $h_2=0,3-0,5$  м.

8. Глибину води в камері барабанної сітки (барабанного мікрофільтра)  $h'$  рекомендується приймати рівною діаметру барабана  $D$ , тобто  $h'=D=$  \_\_\_ м.

9. Глибина води всередині барабана барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$h_1 = \Delta h + h', \text{ м}, \quad (193)$$

$\Delta h$  – робочий перепад рівнів води, що дорівнює  $\Delta h=0,2$  м.

10. Висота зазору між барабаном та днищем камери барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) визначається за формулами:

$$h_3 = K_h \cdot D, \text{ м}. \quad (194)$$

Значення коефіцієнта  $K_h$  рекомендується приймати при зануренні барабана на 0,6 діаметра –  $K_h=0,4$ , при зануренні барабана на 0,7 діаметра –  $K_h=0,3$ .

Отримане значення  $h_3$  округляється до першого знака після коми.

11. Глибина камери барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) визначається за формулою:

$$H_{\kappa} = h_2 + h', \text{ м}. \quad (195)$$



12. Діаметр трубопроводу для відведення води з переливного лотка барабанної сітки (барабанного мікрофільтра)  $d_n$  визначається за формулою (159).

13. Значення швидкості руху води в трубопроводі для відведення води з переливного лотка барабанної сітки (барабанного мікрофільтра)  $(v_{mp})'$  уточнюється за формулою (160).

14. Ширина переливного лотка барабанної сітки (барабанного мікрофільтра)  $b_n$  визначається за формулою (161).

15. Глибина води в переливному лотку барабанної сітки (барабанного мікрофільтра)  $h_n$  визначається за формулою (162).

16. Висота водозливу барабанної сітки (барабанного мікрофільтра)  $h_e$  визначається за формулою (157).

17. Підняття водозливу над рівнем води в камері барабанної сітки (барабанного мікрофільтра) рекомендується приймати  $\Delta h_e=0,05$  м.

Розподільча система промивної води розташовується всередині барабана, як правило, вздовж утворюючої зі сторони каналу, що підводить стічну воду.

18. Об'єм промивної води  $W_n$  в перерахунку на годинні витрати для сіток визначається за формулою (164), для мікрофільтрів – (165).

19. Витрати промивної води  $q_{np}$  визначаються за формулою (166).

20. Діаметр трубопроводу для подачі промивної води в барабанні сітки (барабанні мікрофільтри)  $d_{np}$  визначається за формулою (167).

21. Значення швидкості руху води в трубопроводі для подачі промивної води в барабанні сітки (барабанні мікрофільтри)  $(v_{np})'$  уточнюється за формулою (168).

22. Кількість відгалужень промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$N_e = \frac{B}{l_e}, \text{ штуки,} \quad (196)$$

$l_e$  – відстань між відгалуженнями (відстань між соплами на відгалуженнях промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)), яку рекомендується приймати  $l_e=0,2-0,25$  м.

Отримане значення  $N_e$  округляється до першого знака після коми.

23. Відстань між відгалуженнями (відстань між соплами на відгалуженнях промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)) уточнюється за формулою:

$$(l_e)' = \frac{B}{N_e}, \text{ м.} \quad (197)$$

Отримане значення  $(l_e)'$  повинно відповідати рекомендованому діапазону  $l_e=0,2-0,25$  м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) кількість відгалужень промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $N_e$  та здійснювати перерахунок.

24. Довжина відгалужень промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів) визначається за формулою:

$$L_g = 0,75 \cdot \frac{\pi \cdot D}{2}, \text{ м.} \quad (198)$$

Отримане значення  $L_g$  округляється до першого знака після коми.

25. Кількість сопел на одному відгалуженні промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $n_c$  визначається за формулою (172).

26. Відстань між віссю сопел на одному відгалуженні промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $(l_c)'$  уточнюється за формулою (173).

27. Загальна кількість сопел на відгалуженнях промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $N_c$  визначається за формулою (174).

28. Діаметр відгалужень промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $d_g$  визначається за формулою (175).

29. Значення швидкості руху води в трубопроводі для подачі промивної води в барабанні сітки (барабанні мікрофільтри)  $(v_{np})'$  уточнюється за формулою (176).

30. Діаметр впускних отворів сопел на відгалуженнях промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $d_{отв}$  визначається за формулою (177).

31. Значення швидкості виходу води з сопел на відгалуженнях промивної системи барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $(v_c)'$  уточнюється за формулою (178).

Відведення промивної води здійснюється через зливний приямок.

32. Діаметр зливного трубопроводу для відведення промивної води з барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $d_{зл}$  визначається за формулою (179).

33. Значення швидкості руху води в зливному трубопроводі для відведення промивної води з барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $(v_{зл})'$  уточнюється за формулою (180).

34. Довжина нижньої основи зливного приямку для відведення промивної води з барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $l_c$  визначається за формулою (181).

35. Довжина верхньої основи зливного приямку для відведення промивної води з барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $L_c$  визначається за формулою (182).

36. Концентрація забруднень у воді після її доочищення в фільтрах за вмістом завислих речовин  $(C_{кінцева}^{завис})$  та показником БСК<sub>повн</sub>  $(C_{кінцева}^{БСК})$  визначається за формулами (68) та (69).

37. Загальна кількість барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $N_z$  визначається за формулою (183). При цьому, резервна кількість барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів)  $N_p$  приймається за табл. 3.3.

## **КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

**Завдання 1.** Виконати технологічний розрахунок параметрів фільтра, призначеного для глибокого очищення (доочищення) стічних вод, відповідно до варіанта вихідних даних (див. Додаток Б табл. Б.1 до цих методичних рекомендацій).

**Завдання 2.** Виконати технологічний розрахунок параметрів сітчастих барабанних фільтрів, призначених для видалення крупних домішок зі стічної води перед фільтрами з зернистим завантаженням або для доочищення стічних вод після фільтрів з зернистим завантаженням, відповідно до варіанта вихідних даних (див. Додаток Б табл. Б.2 до цих методичних рекомендацій).

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. У чому полягає сутність методу фільтрування?
2. Дати визначення поняттю «фільтр».
3. Які фільтруючі матеріали найчастіше застосовуються в фільтрах?
4. Що являє собою підтримуючий шар в фільтрах і для чого він застосовується?
5. Які типи розподільчої (дренажної) системи застосовуються в фільтрах і для чого вона існує?
6. Як відбувається промивання швидких фільтрів та які види промивань існують?
7. Навести класифікації фільтрів з зернистим завантаженням.
8. Надати характеристику зернистих фільтрів з низхідним потоком стічних вод.
9. Надати характеристику зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод.
10. Надати характеристику двошарових зернистих фільтрів.
11. Надати характеристику аерованих зернистих фільтрів.
12. Надати характеристику каркасно-засипних фільтрів.
13. Надати характеристику фільтрів з плаваючим завантаженням.
14. Надати характеристику пінополіуретанових фільтрів.
15. Надати характеристику вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням.
16. Надати характеристику сіток.
17. Надати характеристику мікрофільтрів.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Бахтина И.А. Проектирование и расчет очистных сооружений водопровода: Учебное пособие / И.А. Бахтина. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. 257 с.
2. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: Учебное пособие / А.Г. Гудков. Вологда: ВоГТУ, 2003. 152 с.
3. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 291 с.

4. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 214 с.
5. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: Учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. 2-е изд., перераб. и доп. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод. М.: Изд-во АСВ, 2004. 496 с.
6. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: Учебное пособие для вузов / В.Ф. Кожин. 4-е изд., репринтное. М.: ООО «БАСТЕТ», 2008. 304 с.
7. Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») / М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 128 с.
8. Проектирование сооружений для очистки сточных вод / Всесоюз. комплекс. н.-и. и конструктор.-технолог. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. М.: Стройиздат, 1990. 192 с.
9. Растрьгин Н.В. Сооружения механической очистки сточных вод: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Охрана вод». СПб.: СПГВК, 2003. 134 с.
10. Рехтин А.Ф. Проектирование сооружений для очистки сточных вод: Учебное пособие / А.Ф. Рехтин, Е.Ю. Курочкин, Б.П. Лашкинский. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2016. 314 с.
11. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 2. / А.С. Тимонин. Калуга: Изд-во Н. Бочкарёвой, 2003. 884 с.
12. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. М.: Изд-во АСВ, 2004. 704 с.

## Матеріали допоміжного характеру

Таблиця А.1.1 – Основні розрахункові характеристики фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням

Характеристика фільтруючого шару			Швидкість фільтрування, м/годину		
Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)			Висота шару $h_2$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$	в форсованому режимі $V_\phi$
мінімальний $d_{min}$ , мм	максимальний $d_{max}$ , мм	еквівалентний $d_e$ , мм			
1,2	2,0	1,5-1,7	1,2-1,3	6-7	7-8

Таблиця А.1.2 – Характеристика режимів промивання фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням

Етапи промивання	Інтенсивність подачі, $\frac{л}{с \cdot м^2}$		Тривалість промивання, хвилини
	води	повітря	
1	-	18-20	2
2	3-5	18-20	10-12
3	7	-	6-8

Примітки: Більшим значенням інтенсивності промивання відповідають менші значення тривалості.

Таблиця А.1.3 – Характеристика підтримуючих шарів для фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням

Порядковий номер підтримуючого шару (знизу вгору)	Гранулометрична характеристика завантаження $d_{ep}$ , мм		Висота підтримуючого шару $h_{n.ш.}$ , м
	min	max	
1	20	40	0,2-0,25
2	10	20	0,1-0,15
3	5	10	0,15-0,2
4	2	5	0,1-0,15

Таблиця А.2.1 – Основні розрахункові характеристики фільтрів з крупнозернистим піщаним завантаженням

Характеристика фільтруючого шару			Швидкість фільтрування, м/години		
Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)			Висота шару $h_2$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$	в форсованому режимі $V_\phi$
$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм	$d_e$ , мм			
3	10	5,5	1,2	16	18

Таблиця А.2.2 – Характеристика режимів промивання фільтрів з крупнозернистим піщаним завантаженням

Етапи промивання	Інтенсивність подачі, $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$		Тривалість промивання, хвилини
	води	повітря	
1	-	16	3
2	10	16	4
3	15	-	3

Таблиця А.3.1 – Основні розрахункові характеристики двохшарових зернистих фільтрів

Характеристика фільтруючого шару			Швидкість фільтрування, м/годину		Тривалість фільтроциклу $t_\phi$ , години	
Фільтруючий матеріал (зверху вниз)	Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота шару $h_i$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$		в форсованому режимі $V_\phi$
	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм				
Антрацит (керамзит)	1,2	2	0,4-0,5	7-8	9-10	24
Кварцовий пісок	0,7	1,6	0,6-0,7			

Таблиця А.3.2 – Характеристика режиму промивання двохшарових зернистих фільтрів

Інтенсивність подачі води, $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$	Тривалість промивання, хвилини
14-16	10-12

Таблиця А.3.3 – Характеристики підтримуючих шарів для двохшарових зернистих фільтрів

Порядковий номер підтримуючого шару (знизу вгору)	Гранулометрична характеристика завантаження $d_{зр}$ , мм		Висота підтримуючого шару $h_{п.ш.}$ , м
	min	max	
1	20	40	0,2-0,25
2	10	20	0,1-0,15
3	5	10	0,1-0,15
4	2	5	0,15-0,25

Таблиця А.4.1 – Основні розрахункові характеристики фільтрів з висхідним потоком стічних вод

Порядковий номер шару завантаження (зверху вниз)	Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота фільтруючого шару $h_{ф.ш.}$ , м	
	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм	при безреагентному фільтруванні	при реагентному фільтруванні
1	2	5	0,5-0,7	0,3-0,5
2	1,2	2	1,3-1,5	0,9-1
3	0,8	1,2	-	0,6-0,7

Таблиця А.4.2 – Значення швидкості фільтрування в фільтрах з висхідним потоком стічних вод

в нормальному (робочому) режимі $V_n$		в форсованому режимі $V_f$	
при безреагентному фільтруванні	при реагентному фільтруванні	при безреагентному фільтруванні	при реагентному фільтруванні
11-12	5-6	13-14	7-8

Таблиця А.4.3 – Характеристики підтримуючих шарів для фільтрів з висхідним потоком стічних вод

Порядковий номер підтримуючого шару (зверху вниз)	Гранулометрична характеристика завантаження $d_{зр}$ , мм		Висота підтримуючого шару $h_{п.ш.}$ , м
	min	max	
1	20	40	0,2-0,25
2	10	20	0,2-0,3
3	5	10	0,3-0,4

Таблиця А.4.4 – Характеристика режимів промивання фільтрів з висхідним потоком стічних вод

Етапи промивання	Інтенсивність подачі, $\frac{л}{с \cdot м^2}$		Тривалість промивання, хвилини
	води	повітря	
1	-	18-20	1,5-20
2	3-4	18-20	8-10
3	6	-	6-8

Таблиця А.4.5 – Тривалість фільтроциклу фільтрів з висхідним потоком стічних вод

Режим фільтрування	Концентрація завислих речовин в стічних водах, мг/л	Тривалість фільтроциклу $t_{\phi}$ , години
Безреагентний	до 20	24
	до 40	12
Реагентний	до 20	12
	до 40	8

Таблиця А.5.1 – Основні розрахункові характеристики каркасно-засипних фільтрів

Характеристика фільтруючого шару			Швидкість фільтрування, м/годину		Тривалість фільтроциклу $t_{\phi}$ , години	
Фільтруючий матеріал (зверху вниз)	Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота шару $h_i$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$		в форсованому режимі $V_{\phi}$
	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм				
Кварцовий пісок	0,8	1,0	0,9	10	15	20
Гравійний каркас	1,0	40	1,8			

Таблиця А.5.2 – Характеристика режимів промивання каркасно-засипних фільтрів

Етапи промивання	Інтенсивність подачі, $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$		Тривалість промивання, хвилини
	води	повітря	
1	6-8	14-16	5-7
2	14-16	-	3

Таблиця А.5.3 – Характеристика підтримуючого шару завантаження каркасно-засипних фільтрів

Завантажувальний матеріал	Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота шару $h_1$ , м
	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм	
Гравій	40	60	0,5

Таблиця А.5.4 – Характеристика режиму промивання каркасно-засипних фільтрів

Інтенсивність подачі води, $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$	Тривалість промивання, хвилини
14-15	8



Таблиця А.6.1 – Основні розрахункові характеристики фільтрів «Оксіпор»

Характеристика завантаження			Швидкість фільтрування, м/години		Тривалість фільтроциклу $t_{\phi}$ , години	
шар завантаження	Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота шару $h_i$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$		в форсованому режимі $V_{\phi}$
	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм				
Фільтруючий шар (недроблений керамзит)	5	10	1,2	3	5	24
Підтримуючий шар (гравій)	10	20	0,4			

Таблиця А.6.2 – Характеристика режиму промивання фільтрів «Оксіпор»

Інтенсивність подачі води, $\frac{л}{с \cdot м^2}$	Тривалість промивання, хвилини	Відносне розширення фільтруючого завантаження при промиванні $e$ , %
14-16	10	30-40

Таблиця А.7.1 – Основні розрахункові характеристики фільтрів з пінополіуретановим завантаженням

Характеристика фільтруючого завантаження		Швидкість фільтрування, м/години		Тривалість фільтроциклу $t_{\phi}$ , години		
Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота шару $h_2$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$	в форсованому режимі $V_{\phi}$	в нормальному (робочому) режимі	в форсованому режимі
$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм					
4	6	0,85	10	12	50-60	17-36

Таблиця А.7.2 – Характеристика режимів промивання фільтрів з пінополіуретановим завантаженням

Етапи промивання	Інтенсивність подачі, $\frac{л}{с \cdot м^2}$		Тривалість промивання, хвилини
	води	повітря	
1	-	14-16	5
2	15	14-16	15

Таблиця А.8.1 – Основні розрахункові характеристики фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу

Характеристика фільтруючого шару			Швидкість фільтрування, м/години		Тривалість фільтроциклу $t_{\phi}$ , години	
Порядковий номер шару завантаження	Гранулометричний склад завантаження (діаметр зерен)		Висота шару $h_{\phi, ш.}$ , м	в нормальному (робочому) режимі $V_n$		в форсованому режимі $V_{\phi}$
	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм				
1	8,0	12,0	0,1	8-10	10-12	12-24
2	4,0	6,0	0,2			
3	2,0	3,0	0,2			
4	1,0	2,0	0,3			
5	0,5	1,0	0,4			

Таблиця А.8.2 – Характеристика режиму промивання фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу

Інтенсивність подачі води, $\frac{л}{с \cdot м^2}$	Тривалість промивання, хвилини
10-12	4-6

Таблиця А.9.1 – Характеристика вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням

Типорозмір фільтра	Робочий тиск, МПа	Умовний діаметр фільтра, м	Висота фільтруючого завантаження, м, не більше	Продуктивність фільтра, $м^3/годину$
ФОВ-1,0-0,6	0,6	1,0	1,0	10
ФОВ-1,4-0,6	0,6	1,4	1,0	16
ФОВ-1,5-0,6	0,6	1,5	1,0	23
ФОВ-2,0-0,6	0,6	2,0	1,0	30
ФОВ-2,6-0,6	0,6	2,6	1,0	50
ФОВ-3,0-0,6	0,6	3,0	1,0	70
ФОВ-3,4-0,6	0,6	3,4	1,0	90

Таблиця А.9.2 – Основні розрахункові характеристики вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням

Матеріал завантаження	Крупність зерен завантаження, мм	Швидкість фільтрування, м/годину	
		в нормальному (робочому) режимі $V_n$	в форсованому режимі $V_\phi$
Кварцовий пісок	0,8-1,8	10-12	12-14
Кварцовий пісок	1,5-2,5	13-15	15-17
Антрацит дроблений	0,8-1,8	10-12	12-14
Антрацит дроблений	1,5-2,5	13-15	15-17

Таблиця А.9.3 – Характеристики режиму промивання вертикальних напірних фільтрів

Етапи промивання	Інтенсивність подачі, $\frac{л}{с \cdot м^2}$		Тривалість промивання, хвилини
	води	повітря	
1	-	13-20	2-5
2	2,5-3	13-20	4-5
3	6-8	-	5-8

Примітки: Більшим значенням інтенсивності промивання відповідає більша крупність зерен завантаження вертикальних напірних фільтрів

Таблиця А.10.1 – Основні технічні характеристики барабанних сіток

Типорозмір	Продуктивність, $м^3/добу$	Число поясів барабану	Площа фільтрації, $м^2$	Швидкість оберту барабану, $хв.^{-1}$	Довжина, ширина, висота, м
1,5x1,9	8400	2	3,75	2,6	3,62; 1,85; 2,75
1,5x2,8	13200	3	5,6	2,6	4,53; 1,85; 2,75
1,5x3,7	18000	4	7,5	2,6	5,45; 1,85; 2,75
3x2,8	30000	3	13	1,7	4,55; 3,16; 4,24
3x3,7	39600	4	17,5	1,7	5,46; 3,16; 4,24
3x4,6	50500	5	22	1,7	6,38; 3,16; 4,24

Таблиця А.10.2 – Основні технічні характеристики мікрофільтрів

Типорозмір	Розмір фільтруючої комірки, мм	Продуктивність	
		м <sup>3</sup> /годину	м <sup>3</sup> /добу
1,5x1,9	0,035x0,035 або 0,04x0,04	100	2400
1,5x2,8		160	3840
1,5x3,7		210	5040
3x2,8		400	9600
3x3,7		530	12720
3x4,6		660	15840

Примітки: Число поясів барабану, площа фільтрації, частота оберту, габарити мікрофільтрів аналогічні величинам, вказаним в табл. А.10.1.

## ДОДАТОК Б

## Варіанти вихідних даних для розрахунку

Таблиця Б.1 – Варіанти вихідних даних для технологічного розрахунку параметрів фільтра, призначеного для глибокого очищення (доочищення) стічних вод

Варіант	$q_c$ , м <sup>3</sup> /с	$C_{завис\ поч}$ , мг/л	$C_{завис\ вих}$ , мг/л	$C_{БСК\ поч}$ , мг/л	$C_{БСК\ вих}$ , мг/л	Примітки
1	0,96	25	13	15	10	-
2	0,59	25	5	20	4,5	-
3	1,34	15	3	10	2,7	-
4	0,85	20	5,8	15	7	рух стічних вод відбувається зверху вниз
5	1,16	25	5	15	6	рух стічних вод відбувається знизу вгору
6	1,23	15	4,2	20	6,5	-
7	0,77	20	6	10	2,5	доочищення потребують стічні води машинобудівного підприємства
8	0,68	140 (100)*	-	-	-	доочищення нафтовмісних стічних вод
9	1,08	55 (70)*	-	-	-	
10	0,92	30	6,5	20	7,5	рух стічних вод відбувається знизу вгору
11	0,55	25	5	15	4	-
12	1,45	35	5	25	5,5	-
13	0,82	30	15	10	6,5	-

продовження табл. Б.1

Варіант	$q_c$ , м <sup>3</sup> /с	$C_{завис}$ поч , мг/л	$C_{завис}$ вих , мг/л	$C_{БСК}$ поч , мг/л	$C_{БСК}$ вих , мг/л	Примітки
14	1,11	25	7,5	10	5	рух стічних вод відбувається зверху вниз
15	1,29	30	8,5	15	5,5	-
16	0,73	35	8	15	4,5	доочищення потребують стічні води машинобудівного підприємства
17	0,62	120 (90)*	-	-	-	доочищення нафтовмісних стічних вод
18	1,04	50 (80)*	-	-	-	
19	0,43	35	8	17	8	рух стічних вод відбувається знизу вгору
20	0,57	25	7	21	8	-
21	0,88	30	8,5	18	8	рух стічних вод відбувається зверху вниз
22	1,25	135 (115)*	-	-	-	доочищення нафтовмісних стічних вод
23	0,95	30	4	16	3,5	-
24	1,14	25	7	20	6	доочищення потребують стічні води машинобудівного підприємства
25	0,75	60 (75)*	-	-	-	доочищення нафтовмісних стічних вод

Примітки:

\* У варіантах 8, 9, 17, 18, 22, 25 в дужках наведено вміст у стічних водах, що надходять на доочищення, нафтопродуктів.

Станція очищення стічних вод працює цілодобово.

Таблиця Б.2 – Варіанти вихідних даних для технологічного розрахунку параметрів сітчастих барабанних фільтрів, призначених для видалення крупних домішок зі стічної води перед фільтрами з зернистим завантаженням або для доочищення стічних вод після фільтрів з зернистим завантаженням

Варіант	$q_{години}$ , м <sup>3</sup> /годину	$C_{завис}$ поч , мг/л	$C_{БСК}$ поч , мг/л	Примітки
1	1080	150	20	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
2	5460	24	10	доочищення стічних вод після фільтрів
3	4830	240	35	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням

Варіант	$Q_{\text{година}}$ , м <sup>3</sup> /ГОДИНУ	$C_{\text{завис поч}}$ , МГ/Л	$C_{\text{БСК поч}}$ , МГ/Л	Примітки
4	2170	37	8	доочищення стічних вод після фільтрів
5	940	135	40	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
6	5950	22	15	доочищення стічних вод після фільтрів
7	4420	226	30	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
8	1630	33	12	доочищення стічних вод після фільтрів
9	1940	164	45	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
10	6150	25	14	доочищення стічних вод після фільтрів
11	4780	235	25	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
12	1590	38	9	доочищення стічних вод після фільтрів
13	2160	128	38	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
14	3970	15	11	доочищення стічних вод після фільтрів
15	5240	207	28	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
16	1280	29	13	доочищення стічних вод після фільтрів
17	2900	141	22	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
18	4520	19	16	доочищення стічних вод після фільтрів
19	5580	221	32	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
20	1800	27	17	доочищення стічних вод після фільтрів
21	2240	172	42	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
22	4680	17,5	18	доочищення стічних вод після фільтрів
23	5370	216	33	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням
24	2530	36,5	7	доочищення стічних вод після фільтрів
25	1720	183	27	очищення стічних вод перед подачею на фільтри з зернистим завантаженням

Примітки: тип сітки (мікрофільтра) для розрахунку обирається в залежності від витрат стічних вод, що вказані у вихідних даних.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
1. Теоретичні основи очищення стічних вод методом фільтрування через зернисті матеріали.....	4
2. Конструктивні типи фільтрів.....	7
3. Порядок розрахунку фільтрів доочищення стічних вод.....	18
3.1. Порядок розрахунку одношарових фільтрів з дрібнозернистим піщаним завантаженням.....	19
3.2. Порядок розрахунку одношарових фільтрів з крупнозернистим піщаним завантаженням.....	32
3.3. Порядок розрахунку двошарових зернистих фільтрів.....	34
3.4. Порядок розрахунку зернистих фільтрів з висхідним потоком стічних вод.....	36
3.5. Порядок розрахунку каркасно-засипних фільтрів.....	39
3.5.1. Порядок розрахунку каркасно-засипних фільтрів при водоповітряному (двохступеневому) промиванні фільтруючого завантаження.....	40
3.5.2. Порядок розрахунку каркасно-засипних фільтрів при водяному (одноступеневому) промиванні фільтруючого завантаження.....	43
3.6. Порядок розрахунку фільтрів «Оксипор» (аерованих зернистих фільтрів).....	44
3.7. Порядок розрахунку фільтрів з пінополіуретановим завантаженням .....	48
3.8. Порядок розрахунку фільтрів з плаваючим завантаженням із спіненого полістиролу .....	52
3.9. Порядок розрахунку вертикальних напірних фільтрів з зернистим завантаженням .....	59
3.10. Порядок розрахунку сіток і мікрофільтрів .....	69
3.10.1. Порядок розрахунку плоских сіток (каркасних мікрофільтрів) .....	69
3.10.2. Порядок розрахунку барабанних сіток (барабанних мікрофільтрів) .....	78
КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ .....	83
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	83
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	83
ДОДАТОК А. Матеріали допоміжного характеру .....	85
ДОДАТОК Б. Варіанти вихідних даних для розрахунку .....	92

**КУЛІКОВА** Дар'я Володимирівна  
**КОВРОВ** Олександр Станіславович

**ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ  
«РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СПОРУД  
ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ (ДООЧИЩЕННЯ) СТІЧНИХ ВОД  
МЕТОДОМ ФІЛЬТРУВАННЯ»**

для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та  
«Технології захисту навколишнього середовища»  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Друкується в редакційній обробці авторів

Підписано до друку 22.02.2021 р. Формат 30 x 42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 5,4.  
Обл.-вид. арк. 5,4. Тираж 30 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.