



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Зошук А.М.**

# **ПРОЕКТУВАННЯ СТАНЦІЙ ПРОЯСНЕННЯ ТА ЗНЕБАРВЛЕННЯ ВОДИ**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Рівне 2006**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**В.О.ОРЛОВ, С.Ю.МАРТИНОВ, А.М.ЗОЩУК**

# **ПРОЕКТУВАННЯ СТАНЦІЙ ПРОЯСНЕННЯ ТА ЗНЕБАРВЛЕННЯ ВОДИ**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Рекомендовано  
Міністерством освіти та науки України  
як навчальний посібник для студентів  
вищих навчальних закладів, які  
навчаються за спеціальністю  
«Водопостачання та водовідведення»

**Рівне 2006**

УДК 63: 628.1 (07)

ББК 38.76 я 73

О 66

*Рекомендовано Міністерством освіти та науки України  
(Лист № від року )*

### **Рецензенти:**

*Душкін С.С.*, доктор технічних наук, професор Харківської національної академії міського господарства;

*Терновцев В.О.*, доктор технічних наук, професор Київського національного університету будівництва і архітектури;

*Грабовський П.О.*, доктор технічних наук, професор Одеської державної академії будівництва та архітектури.

### **О - 66. Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Зошук А.М.**

Проектування станцій прояснення та знебарвлення води.  
Навч.посібник. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2006. - 252с., іл.

**ISBN**

Розглянуто основні принципи проектування станцій прояснення і знебарвлення води поверхневих джерел. Дано рекомендації щодо вибору і розрахунку окремих споруд. Наведено приклади конструювання споруд, їх взаємної ув'язки і розташування, а також основні довідкові дані про розрахункові параметри, типове обладнання, труби, арматуру тощо.

Для студентів вузів, які навчаються за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення»

**УДК 63: 628.1 (07)**

**ББК 38.76 я 73**

**ISBN**

© Орлов В.О., Мартинов С.Ю.,  
Зошук А.М., 2006

© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2006



## ВСТУП

Вода – найцінніший природний ресурс. Це унікальна хімічна речовина, без якої ніякі відомі форми життя неможливі. Вона відіграє виняткову роль у процесах обміну речовин, які складають основу життя, для багатьох живих істот вода є середовищем існування. У ній відбуваються біохімічні реакції, переносяться всі корисні речовини, виводяться продукти метаболізму. Середньостатистична людина складається з води на 50–80%. Ембріон людини складається з води на 95%, дитина на 70–80%, а доросла людина на 50–70%, тобто з віком людина всихає і, разом із зменшенням частки води в організмі, приходять хвороби і старість. Давно відмічений взаємозв'язок якості питної води, її хімічного і бактеріологічного складу з рівнем захворюваності населення, станом здоров'я і довголіттям окремих людей. Саме тому дуже важливо бути впевненим в якості води, що вживається. Якість води визначається бактеріологічною безпекою і мінералів у складі води. Середньостатистична людина, користуючись водопровідною водою, за своє життя пропускає через організм від 200 до 300 кг хімічних речовин.

Запаси води на землі величезні, і їх кількість практично не змінилися за мільйони років. Проте, прісна вода, яка необхідна для життєвих функцій людини, складає лише 5% від загальної її кількості, при цьому 80% води знаходиться в полярних льодовиках Землі й практично недоступна, а на нашу долю залишається всього 1% від всієї земної води. Водозабезпеченість одної людини в Україні в тис.м<sup>3</sup> на рік складає 1,7; що значно менше ніж в країнах Європи: Швейцарія –7,28; колишня Югославія – 6,0; Франція – 4,57; Італія –3,38; Великобританія –2,73.

Питне водопостачання країни майже на 80 відсотків забезпечується за рахунок поверхневих вод. Якість води в поверхневих водних об'єктах є вирішальним чинником санітарного та епідемічного благополуччя населення. Потенційні запаси поверхневих вод України становлять близько 209,3 куб. кілометрів на рік, з яких лише 25 відсотків формуються в межах держави. Водночас більшість басейнів річок можна віднести до забруднених та дуже забруднених. Понад 70% населення країни користується водою р. Дніпро, хоча невелика кількість води забирається з достатньо потужних річок: Дністер, Сіверський Донець, Південний Буг, Тиса, Прут, Кілія. Більше 30% населення проживає у вододефіцитних регіонах нашої держави.





Вода поверхневих джерел перед подачею її в мережу питного водопостачання обов'язково проходить підготовку на станціях знебарвлення, прояснення, дезодорації та знезараження води. В залежності від якісних показників води джерела на станціях використовуються різні технологічні схеми обробки води, а, відповідно, різні за вартістю й складністю експлуатації споруди. Тому, дуже важливо вибрати найбільш доцільні для води конкретного джерела споруди і оптимально їх скомпонувати.

За постановою Кабінету Міністрів України №1269 від 17 листопада 1997 року “Про програму розвитку водопровідно-каналізаційного господарства” на 1 січня 1997 року централізованим питним водопостачанням забезпечено селищ міського типу тільки 91%, а сіл і того менше - 19,5%, понад 1200 сіл користуються привізною водою. Згідно державної програми "Питна вода України", яка розроблена до 2018 року, станом на 1 січня 2003 року централізованим питним водопостачанням забезпечено 449 міст, 781 селище міського типу із 892, а також 6506 сільських населених пунктів із 28564 (понад 70 відсотків населення України). При цьому сучасний стан водопровідного господарства характеризується дефіцитом фінансових ресурсів, необхідних для належної експлуатації та обслуговування систем водопостачання, незадовільним технічним станом споруд, обладнання.

Підготовка спеціалістів в НУВГП за спеціальністю “Водопостачання та водовідведення”, передбачає ґрунтовне вивчення дисциплін за цим напрямком, і, в тому числі, дисципліни „Підготовка води”. Під час підготовки в університеті студенти мають понад 200 годин учбового часу на опанування цієї дисципліни, виконують курсовий проект „Станція прояснення та знебарвлення води”, а більшість студентів ще й у дипломній або магістерській роботах виконують великий розділ за цією тематикою.

Мета цього посібника — допомогти студентам оволодіти основами конструювання, розрахунків, проектування окремих споруд та всієї технологічної схеми підготовки води для питних цілей.

Посібник написаний спільно завідуючим кафедрою водопостачання та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування, доктором технічних наук, професором В.О.Орловим та доцентами, кандидатами технічних наук А.М. Зошук і С.Ю. Мартиновим. В написанні розділу 4 приймали участь інженери В.О.Зошук та С.І. Абрамович.



## 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

### 1.1. Загальні відомості

Проектування систем водопостачання здійснюється згідно завдання, яке затверджене замовником та архітектурно-планувального завдання з додержанням чинного законодавства України та нормативних документів (ДБН А.2.2-3-97 „Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва”). Для погодження та затвердження розробляється проект, для будівництва – робоча документація, для складних об’єктів ще попередньо розробляється ескізний проект або техніко - економічне обґрунтування, для нескладних об’єктів – може бути тільки одна суміщена стадія проектування у вигляді робочого проекту.

Всі проектні рішення, які пов’язані з використанням вод, повинні узгоджуватись із „Водним кодексом України”, що введений в дію постановою Верховної Ради № 214/95 від 06.06.95р. Згідно кодексу всі водні об’єкти використовуються на правах оренди, дозвіл на спеціальне водокористування видається державними органами охорони навколишнього середовища або за їх погодженням. Дозвіл видається за клопотанням водокористувача з обґрунтування потреби у воді і погодженні з державними органами водного господарства при використанні поверхневих вод або геології при використанні підземних вод.

До початку роботи над проектом необхідно отримати технічне завдання замовника, рішення органів місцевого самоврядування щодо проведення проектних та вишукувальних робіт або рішення щодо відведення земельної ділянки, архітектурно - планувальне завдання, проекти детального планування й забудови, генеральні плани із нанесенням відведеної ділянки або акт вибору майданчика, топографічний план майданчика, дані по поверхневим джерелам, інженерно - геологічні та екологічні умови майданчика будівництва та водозабору, дані про фізико-геологічні явища й особливі інженерно - геологічні умови (карсти, обвали, підмиви, селі, сейсмічність, підробка території, случування, підтоплення тощо); відомості про запаси і можливість використання місцевих будівельних матеріалів тощо.

Проект на будівництво, як правило, складається з:

- Пояснювальної записки з вихідними даними;
- Архітектурно-будівельного рішення, генплану благоустрою територій, а при необхідності, схеми руху транспорту;
- Технологічної частини;
- Рішень по технологічному обладнанню;
- Оцінки впливів на навколишнє середовище;
- Організації будівництва;
- Кошторисної документації;
- Відомостей обсягів робіт;
- Демонстраційних матеріалів.

До складу робочої документації входять:

- Робочі креслення;
- Паспорт оздоблювальних робіт;
- Кошторисна документація;
- Відомості будівельних та монтажних робіт;
- Специфікації обладнання, виробів, матеріалів;
- Опитувальні листи та габаритні креслення на відповідні види обладнання та виробів;
- Вихідні вимоги на розробку нетипового та нестандартного обладнання, по якому вихідні вимоги в проекті не розробляються.

Вся проектна документація повинна бути підписана розробниками та мати, в першу чергу, погодження з органами містобудування та архітектури, місцевого самоврядування, пройти експертизу.

Курсовий проект „Станція прояснення та знебарвлення води” виконується на двох аркушах формату А-1 та на 25...35 сторінках розрахунково-пояснювальної записки. На курсовий проект студент отримує від керівника вихідні дані, зміст проекту, календарний план виконання. На основі вихідних даних про якість води джерела, розрахункову продуктивність станції, кількість пожеж студент визначає технологічну схему очисної станції для підготовки питної води, розраховує та конструює основні споруди.

В пояснювальній записці студент наводить розрахунок всіх основних споруд із всіма потрібними графічними вкладками. Приблизний склад графічної частини проекту наступний:

На першому листі наводяться:

- генеральний план станції прояснення і знебарвлення води з



нанесенням всіх технологічних та підсобних будівель та споруд,

- огорожі, трубопроводи вихідної та очищеної води, трубопроводи подачі та відведення промивної води, побутової та промислової каналізації, господарсько-протипожежний водопровід, тепломережі, під'їзні шляхи, електромережі, наносяться розміри із взаємною прив'язкою;
- безмасштабна технологічна схема споруд станції;
- експлікація споруд та умовні позначення до генплану та висотної схеми;
- роза вітрів.

Позначення трубопроводів повинні бути наступними:

**B1**- господарсько - протипожежний водопровід; **B4**- трубопровід повернення промивної води; **B5**- трубопровід відведення промивної води, **B7**- трубопровід вихідної, річкової води; **B8**- трубопровід фільтрованої води; **B10**- обвідний трубопровід; **K1** - побутова каналізація; **K3**- промислова каналізація; **W0**- високовольтний кабель.

На другому листі розмішуються:

- плани поверхів станції: реагентне господарство, відстійники або прояснювачі із шаром завислого осаду, фільтри або контактні прояснювачі тощо;
- два – три розрізи по спорудах станції або приміщенням з розташуванням основних споруд;
- експлікація приміщень, споруд, трубопроводів;
- специфікація основного обладнання.

Після закінчення роботи студент зшиває пояснювальну записку, підписує її в кінці та на титульному листі, підписує аркуші креслень у відповідному місці штампу і здає на перевірку керівникові. Після виправлення зауважень керівника, проект рецензує інший викладач або студент. Оцінка за проект виставляється студенту після прилюдного його захисту.

Орієнтовну тему дипломного проекту студент повинен мати не пізніше від'їзду на виробничу практику. Під час виробничої і переддипломної практик студент збирає вихідні дані на проектування. Після закінчення переддипломної практики тема дипломного проекту уточнюється і видається офіційне завдання, в яке вписуються основні вихідні дані на проектування, зміст пояснювальної записки і графічного



матеріалу, календарний план роботи. Повні вихідні дані на основі зібраного матеріалу і зі згоди керівника записуються в першому розділі.

Дипломний проект складається зі 100 - 120 сторінок пояснювальної записки та 9 - 11 аркушів графічного матеріалу. Він вміщує технологічну і виробничу частини на розробку проекту технології і організації будівельних робіт окремих споруд, розробку заходів щодо охорони праці та навколишнього середовища.

У технологічній частині на основі техніко-економічних розрахунків може обґрунтовуватись технологічна схема водоочисної станції або конструкція будь-якої споруди, розробляється технологічна схема водоочисної станції (плани і розрізи), найчастіше станції прояснення та знебарвлення води. Розробка ця повинна бути більш повна і детальна, ніж в курсовому проекті, з наведенням повної специфікації трубопроводів та обладнання.

Особливу увагу належить приділяти реальному проектуванню, як такому, що більш наближене до підготовки проектної документації, описаної вище. В проектних інститутах розробка проектів ведеться групою проектувальників з подальшою оцінкою правильності їх рішень багатьма висококваліфікованими спеціалістами (головним інженером проекту, головним спеціалістом відділу, начальником відділу тощо). Реальний дипломний проект виконує один студент, в крайньому випадку декілька студентів, у стислі строки. Тому, звичайно, в реальному дипломному проекті студент розробляє тільки один вузол станції очистки або споруди, одну чи декілька споруд, окремі розділи, які є в звичайному учбовому проекті, але всі розробки повинні бути більш глибокими, докладними, тобто такими, щоб без подальших проектних робіт можна було збудувати об'єкт. В таких випадках краще виконувати комплексний проект, в якому декілька студентів розробляють детально окремі споруди в одній станції прояснення та знебарвлення води.

## 1.2. Вимоги до оформлення курсового проекту

Оформляють текстову та графічну частини курсового проекту згідно діючих вимог Системи проектної документації для будівництва (СПДБ) та Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Пояснювальна записка повинна вміщувати розрахунки та пояснен-



ня до них, обґрунтування прийнятих рішень і відповідні висновки.

Пояснювальна записка оформляється на листах формату А4 (210x297мм). Допускається використання листів формату А3 (297x420мм). На листи наносяться рамки робочого поля документу: ліве - не менше 20 мм, верхнє, праве і нижнє - не менше 5 мм.

Текстовий матеріал пояснювальної записки необхідно викладати чітко, стисло, послідовно. Шрифт букв та цифр повинен бути чітким, висотою не менше 2,5мм, чорного кольору. Абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Заголовки розділів необхідно розташовувати посередині рядка і писати без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів необхідно починати із абзацного відступу, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок складається із двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Переноси слів в заголовку розділу не допускаються. Не допускається починати новий розділ, підрозділ, пункт (підпункт) в нижній частині сторінки, якщо після нього розташований тільки один рядок тексту. Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах викладання записки і позначатися арабськими цифрами без крапки. Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається із номера розділу й порядкового номера підрозділу, які розділені крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять. Номер пункту складається із номера розділу й порядкового номера пункту, які розділені крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять.

Сторінки записки необхідно нумерувати арабськими цифрами, використовуючи наскрізну нумерацію по всьому тексту. Рисунки та таблиці, розташовані на окремих сторінках, включають в загальну нумерацію сторінок записки.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми) необхідно розташовувати після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути дані посилання в записці. Ілюстрації можуть мати назви, які розміщують під інформацією. Під ілюстрацією розміщують роз'яснювальні дані (підрисуночний текст). Номери ілюстрації складаються із номера розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою.

Таблицю необхідно розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. Таблиці



необхідно нумерувати арабськими цифрами порядкової нумерації в межах розділу. Номер таблиці складається із номера розділу й порядкового номера таблиці, які розділені крапкою. Таблиця повинна мати назву, яку розміщують над таблицею. Назва повинна бути короткою і відображати зміст таблиці.

Одну примітку не нумерують. Після слова “Примітка” ставлять крапку і з прописної букви в тому ж рядку дають текст примітки. Декілька приміток нумерують послідовно арабськими цифрами з крапкою. Після слова “Примітка” ставлять дві крапки й з нового рядка з абзацу дають текст примітки.

Формули й рівняння в записі необхідно нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули складається із номера розділу та порядкового номера формули, розділених крапкою, наприклад, формула (1.3) - третя формула першого розділу. Номер формули вказують на рівні формули в дужках, в крайньому правому положенні на рядку. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, які входять в формулу, необхідно наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені в формулі. Пояснення значення кожного символу необхідно давати з нового рядка.

Список використаних джерел можна розміщувати в списку одним із таких способів: в порядку посилань у тексті або в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків.

Креслення виконуються в оптимальних масштабах з урахуванням їх складності і насиченості інформацією. Масштаби на кресленнях не вказують, за винятками, які передбачені у відповідних стандартах (коли якийсь вузол, розріз, план виконані на листі в іншому масштабі).

Координатні осі наносять на зображення тонкими штрихпунктирними лініями з довгими штрихами, позначають арабськими цифрами і великими літерами українського алфавіту (за винятком літер З, Е, І, Ї, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ) в кружечках діаметром 6 – 12 мм.

Пропуски в цифрових і літерних (крім вказаних) позначеннях координатних осей не допускаються. Цифрами позначають координатні осі по стороні будинку і споруди з більшою кількістю осей. Послідовність цифрових і літерних позначень координатних осей приймаються по плану зліва направо і знизу уверх.

Відмітки рівнів (висоти, глибини) устаткування, трубопроводів вказують у метрах з трьома десятинними знаками, які відокремлені комою.

“Нульову” позначку, яку приймають, як правило, для поверхні будь-якого елемента конструкції будинку чи споруди, розташованої поблизу планувальної поверхні землі, вказують без знака; відмітки вище нульової – із знаком “+”, нижче нульової – із знаком ”-“.

На розрізах і перерізах відмітки розміщуються на виносних лініях. На планах відмітки виносяться у прямокутнику.

На планах напрямком нахилу площин вказують стрілкою, над якою проставляють величину нахилу у відсотках (5%) або у вигляді відношення висоти і довжини (1:7). Допускається нахил вказувати в промілях ( $\angle 10 \text{ ‰}$ ).

На кресленнях вказується: План на відм. +221,450, План 3-3, Розріз 1-1.

Зразок штампа на листі наведено нижче.

						055 - № зал. книжки ДП (КП)			10	
						Назва дипломного або курсового проекту			15	
11 x 5 = 55	Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підп.	Дата	Назва листа	Стадія	Лист	Листів	5
	Зав. каф.		Орлов В.О.		10.02		4	1	11	10
	Керівник		Зошук А.М.		10.02	Перелік креслень на листі	НУВГП ФВГ ГМ			15
	Рецензент		Мартинюк С.		10.02		м. Рівне			
	Студент		Іванов В.П.		10.02					
Н. кантр.		Зошук А.М.		10.02						
7    13    10    10    15    10						15    15    20			185	





## 2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

### 2.1. Визначення розрахункової продуктивності водоочисної станції

Згідно [21, п.6.7] станції підготовки питної води розраховуються на рівномірну роботу упродовж доби максимального водоспоживання. При продуктивності станції до 5000 м<sup>3</sup>/добу допускається передбачати роботу станції упродовж частини доби.

Повні витрати води, м<sup>3</sup>/доб, які надходять на станцію очищення, визначаються із врахуванням витрат води на власні потреби станції (промивка швидких фільтрів чи контактних прояснювачів, очистка відстійників, продувка прояснювачів з завислим шаром осаду тощо )

$$Q_{oc} = \alpha Q_{д.мах} , \quad (2.1)$$

де  $Q_{д.мах}$  - розрахункові витрати води в добу з максимальним водоспоживанням (корисна продуктивність –  $Q_k$ ), м<sup>3</sup>/доб;

$\alpha$  - коефіцієнт, який враховує витрати води на власні потреби, приймається: при повторному використанні промивної води –  $\alpha = 1,03 - 1,04$ , без повторного використання –  $\alpha = 1,10 - 1,14$  [21, п.6.6].

В той же час, станція очищення повинна бути розрахована на перевірочні повні витрати води  $Q_{пер}$  із врахуванням відновлення пожежного об'єму у резервуарах чистої води.

Перевірочні витрати води  $Q_{пер}$ , м<sup>3</sup>/доб, визначаються

$$Q_{пер} = \left( K \cdot \frac{Q_{госп}}{24} + \frac{Q_{ав}}{24} + \frac{W_{нпз}}{T_B} \right) \cdot T_{вос} , \quad (2.2)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує зниження подачі на господарсько-питні потреби системи водопостачання. Згідно [21, п.2.25] на період відновлення пожежного об'єму води в РЧВ дозволяється зниження подавання води на господарсько - питні потреби системи водопостачання

до 30% ( $K = 0,7$ );

$Q_{\text{госп}}$  - максимальнодобові витрати води на господарсько-питні потреби,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;

$Q_{\text{ав}}$  - витрати води на виробничі потреби за аварійним графіком,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;

$T_{\text{в}}$  - час відновлення пожежного об'єму води, год. Згідно [21, п.2.25]  $T_{\text{в}} = 24$  год. в населених пунктах та на промислових підприємствах з виробництвом за пожежною безпекою категорій А, Б, В,  $T_{\text{в}} = 36$  год. - на промислових підприємствах з виробництвом за пожежною безпекою категорій Г, Д, Е,  $T_{\text{в}} = 72$  год. – в сільських населених пунктах та на сільськогосподарських підприємствах;

$T_{\text{вос}}$  - час роботи водоочисних споруд упродовж доби, год.;

$W_{\text{нпз}}$  - пожежний об'єм води в РЧВ,  $\text{м}^3$

$$W_{\text{нпз}} = \sum_{i=1}^3 q_{\text{г. max}} + 10,8(q_{\text{пож.з}} \cdot n + q_{\text{пож.в}} - q_{\text{нс}}), \quad (2.3)$$

де  $\sum_{i=1}^3 q_{\text{г. max}}$  - витрати води за три максимальні сусідні години,

$n$  — розрахункова кількість одночасних зовнішніх пожеж;

$q_{\text{пож.з}}$  – витрати води на гасіння однієї зовнішньої пожежі, л/с;

$q_{\text{пож.в}}$  – витрати води на гасіння внутрішньої пожежі, л/с;

$q_{\text{нс}}$  — подача насосної станції I підняття в резервуар, л/с, якщо вона гарантована (при вкладанні подавального водоводу в одну нитку ця величина не враховується).

$$q_{\text{нс}} = \frac{Q_{\text{ос}}}{3,6 \cdot T_{\text{нс}}}, \quad (2.4)$$

де  $T_{\text{нс}}$  - час роботи НС-I упродовж доби, год.

У випадку, якщо перевірочні витрати більше за розрахункові витрати води в добу з максимального водоспоживання в формулу 2.1



підставляються  $Q_{пер}$  замість  $Q_{д.мах}$ .

Повні годинні витрати водоочисної станції,  $м^3/год$

$$q_{г} = Q_{oc} / 24 . \quad (2.5)$$

Повні секундні витрати водоочисної станції,  $м^3/с$

$$q_{с} = q_{г} / 3600 . \quad (2.6)$$

**Приклад.** *Визначити повну продуктивність водоочисної станції.*

**Вихідні дані.** *Розрахункові максимальнодобові витрати населеного пункту (корисна продуктивність) – 19310  $м^3/доб$ , режим роботи водоочисної станції – рівномірний упродовж доби, передбачаються споруди повторного використання води, максимальнодобові витрати води на господарсько-питні потреби – 17800  $м^3/доб$ , витрати води на виробничі потреби за аварійним графіком – 1200  $м^3/доб$ , витрати води за три максимальні сусідні години – 1970  $м^3/год$ , кількість одночасних пожеж – 3, витрати води на гасіння однієї пожежі – 20л/с, витрати води на внутрішнє гасіння пожежі –  $2 \times 5 л/с = 10 л/с$ .*

**Розрахунок.** *Визначаємо повну продуктивність водоочисної станції за формулою 2.1*

$$Q_{oc} = 1,03 \cdot 19310 = 19889 \text{ м}^3 / \text{доб}.$$

*Визначаємо перевірочні витрати за формулою 2.2.*

*Продуктивність насосної станції першого підйому за формулою 2.4 дорівнює*

$$q_{нс} = 19889 / (24 \cdot 3,6) = 230 \text{ л} / \text{с}.$$

*Пожежний об'єм води в РЧВ визначаємо за формулою 2.3*

$$W_{ппз} = 1970 + 10,8(20 \cdot 3 + 10 - 230) = 242 \text{ м}^3.$$

*Звідси*

$$Q_{пер} = (0,7 \cdot 17800 / 24 + 1200 / 24 + 242 / 24) \cdot 24 = 13902 \text{ м}^3 / \text{доб}.$$

*Таким чином, повні витрати води, які надходять на очисну станцію  $Q_{oc} = 19889 \text{ м}^3/доб$ . Повні годинні витрати  $q_{г} = 19889 / 24 = 829 \text{ м}^3/год$ , повні секундні витрати  $q_{с} = 829 / 3600 = 0,23 \text{ м}^3/с$ .*



## 2.2. Основні фізико-хімічні показники води поверхневих джерел

Води поверхневих джерел вміщують гази, різні мікроорганізми, речовини неорганічного та органічного походження. За ступенем подрібненості (дисперсності) домішки у воді поділяються на:

- *грубодисперсні* (розмір більше  $10^{-4}$  мм, навіть найменші можуть осідати в місткості упродовж достатньо довгого часу);
- *колоїднорозчинені* (колоїдодисперсні, розмір  $10^{-4}$ ... $10^{-6}$  мм, вони не затримуються навіть при фільтруванні через пісок, фільтрувальний папір);
- *істиннорозчинені* (розмір менше  $10^{-6}$  мм, вони розподілені в масі води у вигляді іонів, молекул, комплексів, являють гомогенну фазу).

Взагалі перші два типи неоднорідних гетерогенних домішок поверхневих джерел можуть бути вилучені за допомогою методів:

- *осадження*, тобто розділення під дією сил тяжіння, інерції (у тому числі відцентрових), електростатичних, звукових хвиль,
- *фільтрування*, тобто розділення під дією сил тиску, адгезійних сил.

Метод може бути вибраний на основі кількісних та якісних показників цих домішок. На формування фізико-хімічних і бактеріологічних показників, також як і на кількісні (рівні води, витрати) показники води поверхневих джерел, впливають умови живлення джерела, ґрунтово-геологічна характеристика його долини, топографічні умови та пов'язана з ними швидкість потоку, кліматичні умови, інтенсивність танення снігів, випадання дощів. В останні роки на показники води впливає діяльність людини: будівництво гребель, скидання стічних вод, використання добрив й часткове їх змивання дощами та талими водами.

Першочергового поліпшення при підготовці води для питних та технічних цілей є каламутність, кольоровість, присмаки та запахи, бактеріальні забруднення.

Води поверхневих джерел розрізняють :



1) за значеннями каламутності:

- малокаламутними при каламутності до 50 мг/л,
- середньої каламутності при каламутності від 50 до 250 мг/л,
- каламутними при каламутності від 250 до 1500 мг/л,
- високої каламутності при каламутності понад 1500 мг/л,

2) за значеннями кольоровості:

- малокольоровими при кольоровості до 35 град,
- середньої кольоровості при кольоровості від 35 до 120 град,
- високої кольоровості при кольоровості понад 120 град.

*Каламутність* поверхневих вод коливається від 1...15 до 500...1000мг/л для рівнинних річок і до 10000мг/л та більше - для гірських. Найбільш високі значення каламутності, звичайно, спостерігаються у весняну повінь, коли температура низька і вода погано очищується від зависі. Стрибкоподібне збільшення каламутності часто буває після інтенсивного сніготанення та сильних дощів. У водосховищах каламутність змінюється, звичайно, у значно менших межах упродовж року. При цьому, абсолютне значення каламутності є меншим, ніж у річках. Наприклад, в Ленінському водосховищі (Крим) каламутність не перевищує 50 мг/л, здебільшого такі показники характерні і для водосховищ на Дніпрі.

Фракційний склад зависі, яка обумовлює каламутність, змінюється від 0,1...1,0 мм для піску та до 1...20 мкм для колоїдних часток. Різні типи поверхневих вод мають різноманітний розподіл завислих речовин за фракційним складом. Якщо розміри часток більше 10мкм, то вони видаляються з води простим відстоюванням, але більш дрібні частки не затримуються навіть при фільтруванні крізь зернисті засипки. Для вод рівнинних річок суттєво відрізняється фракційний склад в повінь та межень, при цьому частки крупністю менше 10 мкм переважають у повінь. Води гірських річок мають більш монодисперсну завись, що викликає більше навантаження на фільтрувальні споруди при показниках каламутності, що наближені до показників рівнинних річок. Води поверхневих джерел з невеликою каламутністю (10...15мг/л) можуть мати тільки тонкодисперсну завись, яка затримується на очисних спорудах з однаковими технологічними схемами очищення, значно гірше, ніж полідисперсна завись при каламутності води 100мг/л та вище.

Хіміко - мінералогічний склад зависі в багатьох випадках залежить



від фізико-географічних умов басейну річки. При наявності у фракційному складі зависі монтморілонітових та каолінових глин добре проходять адгезійні процеси, а при їх відсутності адгезійні процеси стають більш повільними. При безреагентних схемах очищення важливий дзета-потенціал часток зависі, який для більшості поверхневих вод коливається від -50 до -100мВ.

*Кольоровість* поверхневим водам надають звичайно гумусові речовини, які вимиваються із навколишніх ґрунтів, потрапляють із торфових боліт, утворюються внаслідок розвитку й відмирання у водоймі рослинності й особливо зоо - та фітопланктону. Для більшості річок кольоровість коливається від 10 до 150 град платинокобальтової шкали (ПКШ), а для деяких невеликих річок північного та північно-західного регіону України ці показники можуть бути й вищими. У водосховищах кольоровість змінюється упродовж року і залежить від місткості водосховища та його глибини, максимальні значення для більшості водосховищ України складають 80...105 град. За хімічним складом гумусові речовини поділяються на гумінові кислоти, які добре видаляються в процесі очищення, і фульвокислоти, які представлені креновою та апокреновою кислотами. Води з великим вмістом кренових кислот дуже погано знебарвлюються. Для більшості вод України вміст таких кислот незначний. З'єднання гумінових кислот з іонами  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  утворюють у воді важкорозчинені колоїди, а з іонами  $Na^+$  та  $K^+$  - добре розчинені.

*Присмаки та запахи* з'являються у воді після штучного або природного забруднення водойми. Часто причиною виникнення запахів є масовий розвиток різноманітних грибків, водоростей (діатомових, синьо-зелених та інших), поява черепашки дрейсени, особливо у неглибоких, з малою швидкістю течій водоймах, які добре прогріваються сонцем. При відмиранні й гнитті ці організми надають воді неприємні запахи й присмаки, що потребує періодичної боротьби з ними, особливо в літній період. У більшості випадків, поверхневі води України можна віднести до малокаламутних та кольорових вод. Фітопланктон, який з'являється в багатьох водосховищах, потрапляє через водозабірні споруди на очисні, де погано затримується у відстійниках та прояснювачах із завислим шаром осаду. Потрапляючи потім на швидкі фільтри, він замулює засипку, тому вона потребує частих промивок, а, іноді й повного її вивантаження й перемивання.



В останні роки у водойми часто потрапляють погано очищені стічні води, поверхневі води з територій населених пунктів, промислових та сільськогосподарських підприємств. Таким чином, у воді джерел з'являються хімічні (погіршують органолептичні показники) й токсичні речовини.

*Феноли* потрапляють у джерела разом із стічними водами коксохімічних та нафтопереробних підприємств. У природі існує багато різновидів фенолів. Одні з них погіршують тільки органолептичні показники (оксибензол,  $\alpha$ -нафтол, пірокатехін), а такі, як  $\mu$ -крезол, нітрофенол - санітарно-токсикологічні. Загально-відомі методи аналізу води не дозволяють виділити всі види фенолів, а на їх присутність вказує хлорфенольний запах води після обробки хлором.

*Нафта і нафтопродукти* потрапляють у водойми разом із погано очищеними виробничими стоками, поверхневими стічними водами, від річкового транспорту. У водоймах господарсько-питного призначення вміст нафти й нафтопродуктів лімітується граничними концентраціями (0,05...0,3 мг/л). У великій кількості вони погіршують, в основному, органолептичні показники, але з нафтопродуктами може потрапляти тетраетилсвинець, бензол, які відносяться до токсичних з'єднань.

Забруднення водойм *пестицидами* відбувається завдяки їх змиву з полів дощами, під час сніготанення, зрошення. До них відносяться широко використовувані хлорорганічні групи пестицидів (поліхлорпінен, гексахлоран та інші), які можуть накопичуватись в організмі людини й тварини. Вони досить стійки та токсичні.

*Поверхнево - активні речовини (ПАР)* роблять процеси самоочищення водойм повільними та порушують їх кисневий режим. У великих кількостях ПАР надають воді мильно - гасовий запах та гіркуватий присмак. ПАР зменшують опір організму до проникнення в нього токсичних речовин. Проте, вони нормуються за органолептичними ознаками (гранична концентрація 0,5 мг/л).

*Солі важких металів* потрапляють у водні джерела разом із стоками промислових підприємств. Якщо наявність міді (1,0 мг/л), цинку (5,0 мг/л) та заліза (0,3 мг/л) лімітується за органолептичними ознаками, то перевищення граничнодопустимої концентрації у воді миш'яку (0,05 мг/л), свинцю (0,17 мг/л) і деяких інших речовин небезпечно для життя людини.



Вода поверхневих джерел є сприятливим середовищем (особливо влітку) для розвитку мікробів, в тому числі хвороботворних. Більшість бактерій не мають кольору й прозорі. Розмножуються бактерії за 5...30 хвилин, а туберкульозна паличка - за декілька годин. Найбільшу небезпеку являють мікроорганізми, які є збудниками інфекційних захворювань, та віруси.

Іонний склад домішок води визначається наявністю різних катіонів та аніонів. Катіони та аніони надають воді ті чи інші властивості, суми концентрацій катіонів та аніонів повинні бути рівними

$$Ca^{2+}/20.04 + Mg^{2+}/12.16 + Na^{+}/23.0 + K^{+}/39.0 + \dots = SO_4^{2-}/48.03 + Cl^{-}/35.46 + HCO_3^{-}/61.03 + SiO_3^{2-}/38.03 + \dots$$

Іони  $Na^{+}$  та  $K^{+}$  утворюють у воді добре розчинені солі, не піддаються гідролізу, тобто не вступають в реакцію з водою, в природних прісних водах їх налічується від 4 до 100 мг/л і більше.

Іони  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  є непостійними домішками, утворюють важкорозчинені речовини, найбільш важливі і визначають придатність вод для багатьох технологічних процесів на виробництві. В прісних водах іонів  $Ca^{2+}$  буває від 5 до 90 мг/л і більше, а іонів  $Mg^{2+}$  - 1...30 мг/л. Сума концентрацій цих катіонів обумовлює загальну жорсткість води (для природної води від 1 до 14 і вище мг-екв/л). В залежності від пов'язаних з ними аніонів жорсткість поділяється на карбонатну, некарбонатну, а сума їх означає загальну жорсткість. Карбонатна (тимчасова) жорсткість обумовлена карбонатними та бікарбонатними солями кальцію та магнію, вона при кип'ятінні швидко видаляється за рахунок випадання в осад карбонату кальцію та гідроксиду магнію.

При цьому бікарбонати кальцію добре розчиняються у воді, а карбонати кальцію являються важкорозчиненими солями та випадають в осад. В той же час, в залежності від умов середовища, карбонати можуть легко переходити в бікарбонати та навпаки. Тому катіони кальцію можуть або розчинятись у воді, або утворювати тверду фазу і переходити в осад. Карбонати магнію добре розчиняються у воді, проте завдяки гідролізу утворюється важкорозчинений у воді гідроксид магнію. Кальцієві та магнієві солі сірчаної, соляної, кремнієвої, азотної кислот обумовлюють некарбонатну або постійну жорсткість.





Взагалі кальцій потрібен людині, оскільки він сприяє виводу кадмію, який негативно впливає на серцевосудинну систему, але велика жорсткість води робить її непридатною для господарсько - побутових потреб.

*Окислюваність* обумовлюється наявністю органічних та деяких неорганічних домішок (залізо, сульфіти, сірководень), які окислюються певними витратами окислювача. Окислюваність буває перманганатна та біхроматна, при цьому 1 мг/л  $O_2$  відповідає 0,253мг/л  $KMnO_4$ . Окислюваність вод озер дорівнює 5...8 мг/л  $O_2$ , річок –буває більшою за 60мг/л.

*Лужність* води (мг-екв/л) визначається сумою концентрацій аніонів слабких кислот та іонів гідроксилу, який слід враховувати тільки при *pH* більше 8,5. Вона поділяється на гідратну, бікарбонатну, карбонатну, силікатну, фосфатну. В більшості природних вод бікарбонатна лужність значно перевищує всі інші її види, а тому лужність найчастіше приймається рівною карбонатній жорсткості.

*Азотвміщуючі* з'єднання утворюються у воді при розкладі складних органічних речовин тваринного або органічного походження, білкових речовин, які потрапляють із стічними водами. Звичайно, в підземних водах є десятки долі міліграма в одному літрі нітритів, а в поверхневих – 0,001...0,003 мг/л нітратів. Підвищена їх кількість у воді, звичайно, вказує на забрудненість природних вод стічними водами. Вживання питної води з кількістю нітратів більшою за 50 мг/л приводить до порушення окислювальної функції крові. Кінцевий продукт розкладу білкових речовин є аміак. При цьому, якщо він рослинного або мінерального походження, то він не шкідливий у санітарному відношенні, а аміак від білків стічних вод дуже шкідливий.

*Вуглекислота* є в поверхневих водах в кількості до 30 мг/л і до сотень мг/л у підземних водах. Аніони вугільної кислоти ( $HCO_3^-$  та  $CO_3^{2-}$ ) часто визначають поведінку окремих домішок у воді та в технологічних процесах, а тому є одними із основних. В залежності від водневого показника вуглекислота може бути вільною (газ  $CO_2$ ), сама кислота  $H_2CO_3$ , напівзв'язаною у вигляді бікарбонат іонів ( $HCO_3^-$ ), зв'язаною у вигляді карбонат іонів ( $CO_3^{2-}$ ). Концентрація  $H_2CO_3$  у воді дуже незначна (десяти долі процента), а тому концентрація вугільної кислоти, звичайно, надається через  $CO_2$ .

Різні форми вуглекислоти звичайно пов'язані динамічною вуглекислотою рівновагою. Частина вільної вуглекислоти знаходиться у рівновазі з гідрокарбонатіонами. Надлишкова вільна вуглекислота, в протилежність рівноважній, дуже агресивна. Проте, частина її використовується на переведення карбонатів в бікарбонати і утримання утворених гідрокарбонатіонів. В цілому гідрокарбонатіони обумовлюють лужний резерв (лужність) води.

Іони  $Cl^-$  та  $SO_4^{2-}$  є стійкими домішками, не утворюють важко-розчинених речовин, при наявності великої кількості органічних речовин у воді  $SO_4^{2-}$  може відновлюватись до  $H_2S$  або  $S$ , але при зміні кисневого режиму може проходити зворотній перехід, концентрація кожного виду іонів в прісних водах може бути від 5 до 250 мг/л і більше. Вміст цих аніонів у воді більше 250 мг/л робить її агресивною до бетону, руйнує його. Значна концентрація хлоридів і сульфатів вказує на підвищений розчинений залишок та не дає можливості використовувати її для живлення котлів. При вмісті хлоридів більше 350мг/л, а сульфатів 500мг/л вода має солонуватий присмак та призводить до порушення роботи шлункової системи у людей.

### 2.3. Вимоги до якості питної води

Вимоги споживачів до якості води можуть бути різними. Населення в межах населеного пункту використовує "Воду питну". Вона повинна відповідати ГОСТ 2874-82, згідно якого:

- каламутність - не більше 1,5 мг/л,
- кольоровість - не більше 20 град,
- запах і присмак - менше 2 балів,
- колі-індекс - менше 3,
- загальна кількість бактерій - менше 100 шт/мл,
- загальна жорсткість - менше 7 мг-екв/л,
- $pH$  - 6,5... 8,5,
- вміст заліза - менше 0,3 мг/л,
- сухий залишок - менше 1000 мг/л,
- фтору - 0,7... 1,5 мг/л,
- марганцю - менше 0,1 мг/л,
- сульфатів - менше 500мг/л,
- хлоридів - менше 350 мг/л.

В той же час, зараз починають впроваджуватися Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання", затверджені Міністерством охорони здоров'я України 23.12.1996 року, які передбачають більш жорсткі вимоги до якості води. Головними залишаються *мікробіологічні показники*, які, крім двох бактеріологічних показників по ГОСТу, вимагають визначення кількості термостабільних кишкових паличок, патогенних мікроорганізмів і в пробах води повинна бути їх повна відсутність.

Другими йдуть *паразитологічні показники*, згідно яких повинна бути повна відсутність патогенних кишкових найпростіших, кишкових гельмінтів.

Третіми йдуть *токсикологічні показники*, мг/л, які повинні не перевищувати: алюміній – 0,2; барій – 0,1; миш'як – 0,01; селен – 0,01; свинець – 0,01; нікель – 0,1; нітрати – 45; фтор – 1,5; органічні компоненти, мг/л (тригалометани – 0,1; хлороформ – 0,06; дибромхлорметан – 0,01; тетрахлорвуглець – 0,002; пестициди – 0,0001), інтегральні показники, мг/л (окислюваність за  $KMnO_4$  - 4, загальний органічний вуглець - 3).

Четвертими йдуть *органолептичні показники* (запах, каламутність, кольоровість, присмак, *pH*, сухий залишок, загальна жорсткість, сульфати, хлориди, мідь, марганець, залізо, які залишаються практично як в ГОСТі із зменшенням каламутності до 0,5, сульфатів і хлоридів до 250).

П'ятими йдуть показники *радіаційної безпеки* води, які передбачають гранично допустимими рівнями сумарної активності альфа - випромінювачів 0,1 Бк/л та бета – випромінювачів 1,0 Бк/л.

Шостими йдуть показники *фізіологічної повноцінності мінерального складу* питної води: загальна мінералізація - 100... 1000 мг/л, загальна жорсткість – 1,5...7 мг-екв/л, загальна лужність – 0,5... 6,5 мг-екв/л, магній - 10... 80 мг/л, фтор - 0,7...1,5 мг/л.

При знезаражуванні води хлором вміст залишкового вільного хлору у воді на виході з резервуара чистої води має бути 0,3...0,5 мг/л при тривалості контакту хлору з водою не менше 30хв, а вміст залишкового зв'язаного хлору повинно не перевищувати 0,8...1,2 мг/л при тривалості контакту хлору не менше 60хв.



## 2.4. Вибір складу споруд та місця розташування майданчика водоочисної станції

Вибір технологічних схем та споруд для покращення якості поверхневих вод є найбільш складним та відповідальним в системах господарсько-питних та виробничих водопроводів. Їх вибирають на основі техніко-економічних обґрунтувань, в залежності від необхідної пропускної спроможності, від якості поверхневої води, вимог до води споживачів та позитивного досвіду експлуатації споруд, які працюють в аналогічних умовах.

За принципом течії води в спорудах водоочисної станції системи поділяють на самопливні й напірні. В самопливних спорудах вода тече внаслідок дії сили тяжіння у відкритих спорудах, а рівень води в кожній наступній споруді нижче чим у попередній. У напірних спорудах вода тече спорудами закритого типу під тиском, який створює насос. Усі споруди можуть бути розташовані на одному рівні. Напірні споруди, звичайно, використовуються на станціях підготовки води для технічних цілей та на станціях підготовки питної води невеликої продуктивності.

Для підготовки води питної якості можуть бути прийняті тільки ті методи, для яких отримано позитивні гігієнічні висновки. Попередній вибір основних споруд для прояснення та знебарвлення поверхневих вод здійснюється на основі їх кількісних показників та рекомендацій [21, табл. 15], наведених в табл. 2.1.

Залежно від вибраних основних споруд обробки води призначають додаткові: мікрофільтри або барабанні сітки, контактні камери, змішувачі, камери пластівцеутворення, споруди для зберігання, розчинення та дозування розчинів коагулянту, флокулянту та хлору.

Майданчик під станцію прояснення та знебарвлення води вибирають на основі місцевих топографічних, геологічних та гідрогеологічних умов, можливістю організації під'їзних шляхів та організації зони санітарної охорони. Самопливні споруди слід розташовувати з максимальним врахуванням ухилу місцевості, тобто перші споруди висотної схеми слід розташовувати на більш високих відмітках. Заглиблені самопливні споруди не бажано розташовувати на ділянках з високим рівнем ґрунтових вод або на ґрунтах (лесові), які при намочуванні порушують свою стійкість.

Таблиця 2.1

**Вибір основних споруд для прояснення та знебарвлення води при обробці води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів**

Основні споруди	Умови застосування				Розрахункова продуктивність станції, м <sup>3</sup> /доб
	Каламутність води, мг/л		Кольоровість води, град ПКШ		
	вихідної	очищеної	вихідної	очищеної	
1. Вертикальні відстійники – швидкі фільтри	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	до 5000
2. Горизонтальні відстійники – швидкі фільтри	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	більше 30000
3. Контактні префільтри – швидкі фільтри	до 300	до 1,5	до 120	до 20	будь-яка
4. Прояснювачі із завислим шаром осаду – швидкі фільтри	від 50 до 1500	до 1,5	до 120	до 20	від 5000 до 30000
5. Контактні прояснювачі	до 120	до 1,5	до 120	до 20	будь-яка
6. Контактні пінополістирольовугільні фільтри	до 100	до 1,5	до 100	до 20	будь-яка
7. Пінополістирольні фільтри з шаром зростаючого осаду	до 1000	до 1,5	до 50	до 20	будь-яка

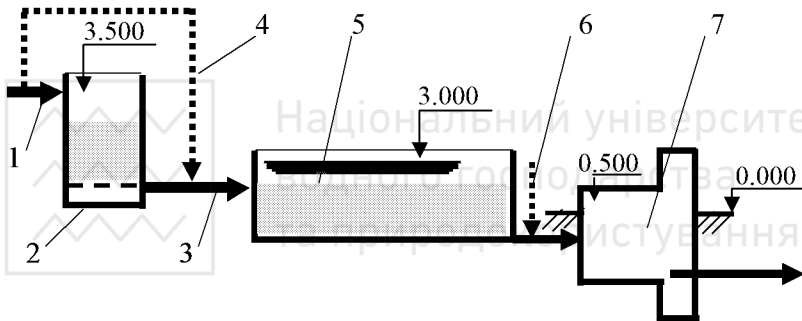
Слід враховувати те, що відстійники, фільтри, резервуари мають витоки води і це може призвести до порушення стійкості споруд. Майданчик повинен бути наближений до основних доріг населеного пункту. Найчастіше він розташовується поблизу джерела водопостачання та водозабірних споруд, але в умовах далекого розташування джерела від населеного пункту місце розташування майданчика повинно мати відповідне техніко - економічне обґрунтування.



## 2.5. Складання попередньої висотної схеми водоочисної станції

Висотна схема водоочисної станції складається у відповідності із рельєфом майданчика і представляє собою безмасштабний поздовжній профіль, на якому показуються всі технологічні споруди з позначками рівнів води в них.

Безреагентний метод використовують для очищення каламутних та малокольорових вод. Основними спорудами в цьому методі є повільні фільтри (рис. 2.1).



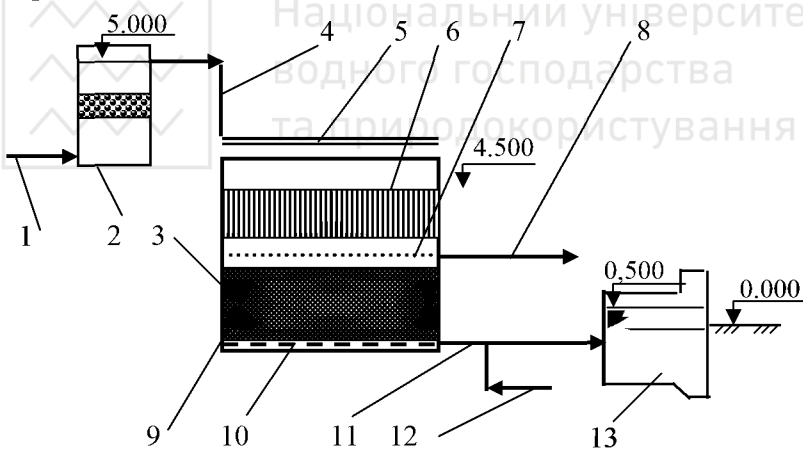
**Рис.2.1. Висотна схема споруд при безреагентному проясненні й знебарвленні води**

1 - подача вихідної води; 2 - попередній фільтр; 3 - відведення попередньопроясненої води; 4 - подача вихідної води при каламутності менше 50 мг/л; 5 - повільний фільтр; 6 - періодичне введення окислювача; 7 - резервуар чистої води.

За цією схемою вихідна вода частково прояснюється на попередніх фільтрах, а остаточно прояснюється та знебарвлюється на повільних фільтрах, які являють собою місткості, завантажені дрібним піском. При каламутності вихідної води менше 50мг/л вона може подаватись безпосередньо на повільний фільтр. Повільний фільтр, як правило, повністю знезаражує воду. Повільні фільтри періодично регенерують шляхом зняття вручну лопатами плівки із затриманих забруднень. Попередні фільтри можна замінювати на горизонтальні відстійники або водосховища наливного типу. Останнім часом рекомендуються

повільні фільтри з гідромеханічним розпушуванням (регенерацією) засипки, на яких воду кольоровістю до 50 град і каламутністю до 1500мг/л пропускають через піщану засипку фільтра й очищеною збирають у резервуарі чистої води. Такі схеми використовуються при будь-якій продуктивності.

На кафедрі водопостачання та бурової справи НУВГП була розроблена нова технологічна схема (рис.2.2) для очищення малокаламутних кольорових вод. Вихідна вода по трубопроводу 4 через розбризкуючий пристрій 5 подається у верхню зону біопоглинача 6. Під час зливання води у фільтр з висоти 0,5...0,6 м відбувається її спрощена аерація і насичення киснем. Вода, що збагатилася киснем, рухається уздовж волокон біопоглинача 6. Завдяки розвитку бактерій на поверхні ниток і біопоглинання ними з води значної кількості колоїдних, завислих і органічних речовин, знижується кольоровість води, а остаточно вода доочищується в піщаному шарі 9.



**Рис. 2.2. Технологічна схема очищення малокаламутних і кольорових вод біопоглиначем**

1 - подача вихідної води; 2 - пінополістирольний фільтр; 3 - піщаний фільтр з біопоглиначем; 4 - подача попередньо проясненої води; 5 - розбризкуючий пристрій; 6 - біопоглинач; 7 - збірна система; 8 - відведення промивної води; 9 - піщана засипка; 10 - нижня розподільна система; 11 - відведення очищеної води; 12 - подача промивної води; 13 - резервуар чистої води



При зниженні якості профільтрованої води або продуктивності фільтра, він виводиться на регенерацію. Регенерація фільтруючої засипки 9 полягає у зворотній промивці її очищеною водою, яка подається по трубопроводу 12. Під час промивки фільтруючого шару 9 рівень води у фільтрі знижується, тим самим сприяє промивці волокон біопоглинача 6. Забруднена промивна вода відводиться по трубопроводу 8.

Як біопоглинач використовується насадка з капронових текстурованих джгутових ниток (КТДН) діаметром 2...3 мм з щільністю упаковки від 10000 до 90000 шт/м<sup>2</sup>. Контактна поверхня КТДН знаходиться в межах відповідно 62,8 і 847,8 м<sup>2</sup> при довжині насадки 1м. Як фільтруюча засипка використовується кварцовий пісок з розмірами фракцій 0,5...1мм. Висота фільтруючого шару приймається в межах 0,7...1,0 м.

Дослідження за вищенаведеною технологією очищення поверхневих вод проводилися на станції підготовки технічної води в м.Рівне, а згодом і на станції технічної води ВАТ "Рівнеазот". Якість вихідної води, яка забиралася з річки Горинь під час проведення досліджень характеризувалася наступними показниками: температура - 2...24<sup>0</sup>С, загальна жорсткість - 10...90 мг/л; кольоровість - 10...120 град; рН - 7,2...8,3; жорсткість - 2,7...6,5 мг-екв/л; лужність 2...6 мг-екв/л; нітрати 0,3...0,96мг/л; азот амонійний - 0,16...0,35 мг/л; розчинений кисень 3,8...10,3 мг/л.

Швидкість фільтрування приймалася від 5 до 10 м/год. Дослідженнями встановлено, що якнайкраще вода очищається в період, коли спостерігається найбільша різноманітність форм гідробіонтів і досягається максимальна маса біообростання.

Попереднє очищення в біопоглиначі, а потім в зернистому шарі, запобігає проникненню відмерлої біоплівки в очищену воду й забезпечує доочистку малокаламутної кольорової води. Розглянута конструкція біопрояснювального фільтра для очищення малокаламутних кольорових вод ефективна при кольоровості до 120 град і каламутності до 50 мг/л. При збільшенні каламутності води до 90 мг/л фільтр буде забезпечувати тільки якість технічної води. Для отримання води питної якості необхідно схему доповнити фільтром 2 з грубозернистою пінополістирольною засипкою - ППФ, що зменшить навантаження на біопоглинач. Наведена технологічна схема очищення поверхневої води ефективна при кольоровості води до 120 град і каламутності до 90мг/л.



Для вилучення з води присмаків і запахів, які можуть бути у вихідній воді, після біопрояснювального фільтра можна встановити сорбційний фільтр. Висота шару активованого вугілля визначається відповідним розрахунком залежно від контакту води, що підлягає обробці, з сорбентом. Води, які утворюються від промивки фільтрів, є нешкідливими для навколишнього середовища і можуть скидатися у відкриті водойми.

Реагентний метод передбачає надання домішкам інших властивостей. Процес, при якому частинка набуває інших особливостей, називають *коагуляцією*. При коагуляції проходить процес укрупнення завислих та колоїдних частинок за рахунок їх взаємного злипання під дією молекулярних сил. Завершується процес утворенням великих пластівців розміром 1... 10мм із наступним їх видаленням із води.

Коагуляцію поділяють на:

- *коагуляцію в об'ємі*, коли процес іде у вільному водному просторі,
- *контактну коагуляцію*, коли процес проходить у присутності адгезійних домішок (зерниста засипка, шар завислого осаду).

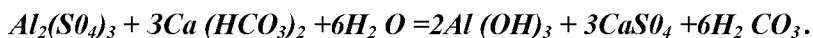
Взагалі найменші домішки, які є у воді, мають певну агрегативну стійкість, яка залежить від наявності гідратних оболонок та подвійного електричного поля. Порушують агрегативну стійкість домішок за допомогою додавання електролітів, нагрівання, заморожування, накладання магнітного поля, вводом окислювачів.

Домішки органічного походження є *гідрофільними* (утримують на поверхні воду), мають невеликі заряди та слабо коагулюють під дією електролітів і, в той же час, під дією окислювачів проходить перехід бікарбонатів у гідрофобні карбонати, що сприяє коагуляції. *Гідрофобні* домішки (мул, глина, пил) мають подвійний електричний шар, при знищенні якого електролітом частинки втрачають агрегативну стійкість. Уведення електролітів із тривалентних солей алюмінію та заліза призводить до переходу з дифузного шару міцели (домішки разом із її дифузним шаром) в адсорбційний шар протиіона, що знижує заряд і сприяє коагуляції. Слід зауважити, що використання солей одновалентних катіонів вимагало б у 1000 разів більше електроліту. Електроліт, що вводиться, отримав назву - *коагулянт*.

Після введення коагулянту у воді утворюються спочатку пластівці з одного коагулянту, а потім до них налипають ще й домішки, які



втратили в результаті обмінної адсорбції агрегативну стійкість. При цьому гідроліз сірчаноокислого алюмінію в присутності гідрокарбонат іонів описується рівнянням



На кожні 342 мг сульфату алюмінію витрачається 6 мг-екв гідрокарбонатіонів. При недостатній кількості цих іонів у воді лужність води підвищують введенням вапняного молока або кальцинованої соди. В залежності від умов (без гідрокарбонатіона) можуть утворюватись малорозчинні солі з видаленням водню, який стримує подальший хід реакції, знижує  $pH$  та вимагає підлогування. Швидкість гідролізу пропорційна концентрації катіонів коагулянту, із підвищенням температури на кожні 10 градусів швидкість збільшується в 2 ... 4 рази.

Для здійснення коагуляції у воду вводять коагулянти: сульфат алюмінію  $Al_2(SO_4)_3$ , сульфат заліза (III)  $Fe_2(SO_4)_3$ , хлорид заліза (III)  $FeCl_3$ , флокулянти — поліакриламід (ПАА), активовану кремнієву кислоту (АК), окислювачі - хлор  $Cl_2$ , гіпохлорит натрію  $NaClO$ , хлорне вапно  $CaCl_2O$ . Найчастіше на водоочисних станціях в якості коагулянту використовується сульфат алюмінію очищений та неочищений.

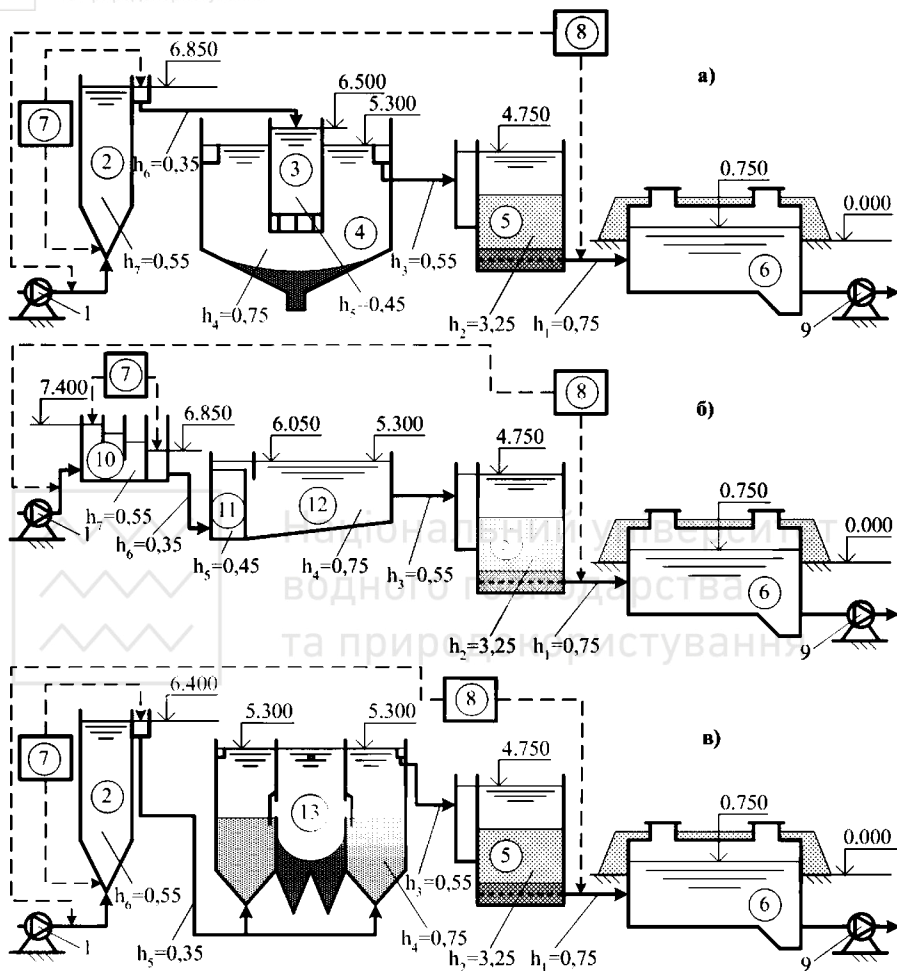
Реагенти вводять у вигляді розчину, який готують в реагентному господарстві. Упродовж перших 30с після введення розчинів добавлені солі гідролізуються, а флокулянти утворюють пластівці з великою активною поверхнею. Гідроліз солей завершується утворенням колоїдних гідроксидів алюмінію та заліза [ $Al(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_3$ ], які також мають велику активну поверхню. Тонкодисперсні глинисті та колоїдні домішки, які є у воді, адсорбуються на поверхні пластівців флокулянту й гідроксиду. Так у воді виникає багато дрібних пластівців із домішками, які утримуються на їх поверхні. Поступово вони укрупнюються до видимих, стають важкими й осідають. Процес утворення пластівців триває упродовж 15...20 хв. Для утворення крупних пластівців вода повільно перемішується. Споруду, в якій утворюються пластівці, називають камерою утворення пластівців. Звичайно, у теплій воді (вище 4°C) процес утворення пластівців відбувається досить швидко і добре, тому флокулянт здебільшого не вводять, а вводять тільки коагулянт і окислювач (хлор, гіпохлорит натрію).

Двоступеневі реагентні схеми використовуються при каламутності вихідної води до 1500 мг/л та кольоровості до 120 град ПКШ. В залежності від продуктивності станції приймають наступні схеми. При продуктивності станції до 5000 м<sup>3</sup>/доб рекомендується схема з вертикальними відстійниками (перша ступінь очистки) і швидкими фільтрами (друга ступінь очистки) (рис. 2.3, а). Воду подають на очищення, вводять у неї розчин хлору для окислення органічних речовин і коагулянт для подальшої коагуляції. Вода змішується з реагентами в змішувачі, із якого потім перетікає в камеру утворення пластівців водоворотного типу. Камера розташована в плані в центральній частині відстійника. У воді, що виходить із камери в нижній частині відстійника, утворюються пластівці, основна маса яких осідає у відстійнику при висхідному вертикальному її русі. Доочищення води від залишків зависі (каламутність води на виході із відстійника 8...15 мг/л) і пластівців завершується на швидких фільтрах (резервуарах, завантажених зернистою засипкою з рухом води зверху до низу). Очищену воду збирають у резервуарах чистої води.

При продуктивності станції більше 30000 м<sup>3</sup>/доб замість вертикальних використовують горизонтальні відстійники (рис.2.3, б). Перед ними в схемі обов'язково влаштовуються камери утворення пластівців, конструкція яких залежить від якості вихідної води. Вода з добре сформованими пластівцями після камери рухається повільним горизонтальним потоком крізь відстійник і пластівці осідають по всій довжині в нижній частині відстійника. Інші споруди в цій схемі такі ж самі, як і у попередній.

В інтервалі продуктивності від 5000 до 30000 м<sup>3</sup>/доб замість відстійників широко використовують прояснювачі із шаром завислого осаду (рис. 2.3, в). Проте вода в джерелі не повинна мати каламутність менше 50 мг/л у будь-який період року. На прояснювачі із шаром завислого осаду вода, яка змішана з реагентами, подається безпосередньо зі змішувача.

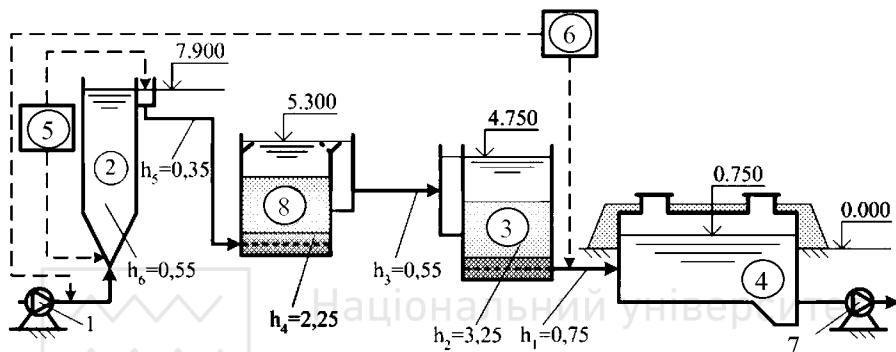
У прояснювачах вода рухається вертикальним висхідним потоком через шар раніше затриманих пластівців, який і затримує нові порції пластівців. Прояснена вода з верхньої частини прояснювача також, як і в попередніх схемах, відводиться на швидкі фільтри. Процеси йдуть достатньо добре при достатньо великих домішках, природних або утворених при коагуляції. Проте, при дрібних домішках або полідисперсних домішках та їх концентрації до 300мг/л можуть бути ефективними схеми з двома ступенями фільтрувальних споруд (рис.2.4).



**Рис. 2.3. Двоступеневі реагентні схеми очистки води**

а - з вертикальними відстійниками; б - з горизонтальними відстійниками; в - з прояснювачами із шаром завислого осаду; 1 - подача вихідної води; 2 - вертикальний змішувач; 3 - камера утворення пластівців водоворотного типу; 4 - вертикальний відстійник; 5 - швидкий фільтр; 6 - резервуар чистої води; 7 - реагентне господарство; 8 - хлораторна; 9 - насосна станція другого підйому; 10 - перемородчастий змішувач; 11 - камера утворення пластівців; 12 - горизонтальний відстійник; 13 - прояснювач із шаром завислого осаду

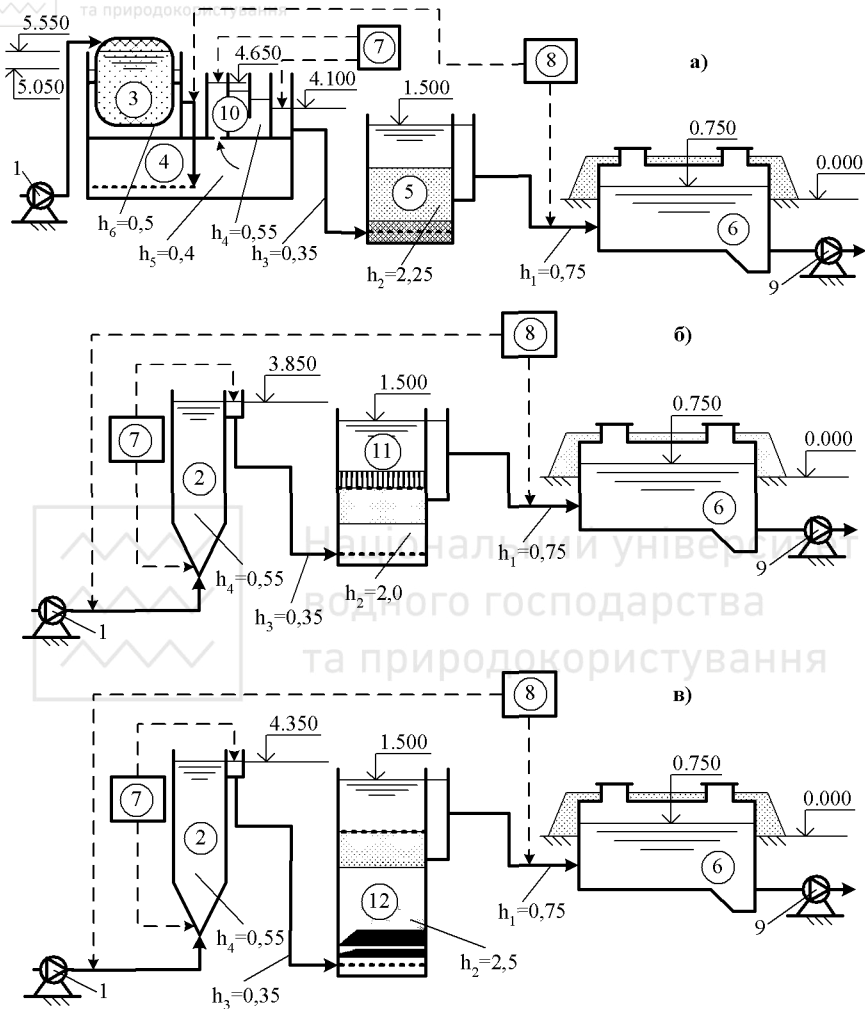
При цьому попередній фільтр може бути із фільтруванням як знизу вгору, так і зверху вниз. На відміну від попередніх схем, вихідна вода із введеними реагентами поступає в контактний попередній фільтр, де в режимі контактної коагуляції проходить затримання основної кількості дрібнодисперсних домішок, а далі вода доочищується на швидких фільтрах.



**Рис.2.4.** Двоступенева реагентна схема з двома ступенями фільтрувальних споруд  
 1 - подача вихідної води; 2 - вертикальний змішувач; 3 - швидкий фільтр; 4 - резервуар чистої води; 5 - реagentне господарство; 6 - хлораторна; 7 - насосна станція другого підйому; 8 - контактний попередній фільтр

Малокаламутні та кольорові води можна очищати за одноступеневою реагентною схемою. При каламутності води до 120 мг/л і кольоровості до 120 град використовують схему з контактними прояснювачами (рис.2.5, а). Воду, яка подається на очищення, попередньо очищують від планктону, сміття на барабанних сітках або мікрофільтрах, змішують у трубопроводі із хлором і подають у контактний резервуар, де окислюються органічні речовини. З резервуару вода поступає у змішувач, де змішується з коагулянтном. Змішану з коагулянтном воду подають безпосередньо в контактний прояснювач із зернистою засипкою, де вона рухається знизу вгору, прояснюється й збирається в резервуарі чистої води.

При каламутності вихідної води до 100 мг/л та кольоровості до 100 град ПКШ можна використовувати схему з контактними пінополістирольними або пінополістирольно - вугільними фільтрами



**Рис.2.5. Одноступеневі реагентні схеми прояснення та знебарвлення води**

а) з контактними прояснювачами; б) з контактними пінополістирольно-вугільними фільтрами; в) з пінополістирольними фільтрами з шаром зростаючого осаду; 1; 2; 6; 7; 8; 9, 10 - як і в схемах на рис. 2.3; 3 - мікрофільтр або барабанна сітка; 4 - контактна камера; 5 - контактний прояснювач; 11 - пінополістирольно-вугільний фільтр; 12 - пінополістирольний фільтр з шаром зростаючого осаду



(рис. 2.5, б), на які вода, змішана з реагентами, потрапляє із змішувача. Проходячи через шар плаваючого пінополістиролу знизу вгору, вода прояснюється й знебарвлюється, а в шарі активованого вугілля дезодорується. Для дезодорації води в попередній схемі необхідно було вводити активоване вугілля у вигляді порошку перед першою або другою ступенями очищення або перед резервуаром чистої води, встановлювати фільтри з гранульованим активованим вугіллем, що ускладнює технологію очищення води. Воду найчастіше знезаражують введенням окислювача перед резервуаром чистої води.

Зараз розроблено багато інших схем очистки води, в тому числі із флотаторами та швидкими фільтрами, двома або трьома ступенями фільтрувальних споруд, тонкошаровими трубчастими відстійниками і швидкими фільтрами (установка "Струміль") тощо. При наявності в поверхневих водах фенолів, нафти, пестицидів, ПАВ, солей важких металів для їх видалення при підготовці питної води слід передбачати тільки реагентні схеми, при цьому швидкість фільтрування на фільтрувальних спорудах необхідно зменшувати у порівнянні із швидкістю, яка необхідна тільки для прояснення й знебарвлення води.

На невеликих станціях може використовуватись електрокоагуляція, яка поділяється на електростатичну, електроконтактну, електрохімічну, гальванічну. Суть її полягає в тому, що вихідна вода проходить в просторі, обмеженому електродами (катодом і анодом), із прикладеним до них найчастіше постійним електричним струмом. При електростатичній і електроконтактній коагуляції при великій напруженості електричного поля виникають диполі із часток або часток і зерен засипки, які з'єднуються полями з протилежним зарядом. При електрохімічній коагуляції в шарі води товщиною 0,1...0,5 мм поблизу електродів утворюється лужне або кисле середовище, де проходить коагуляція різних типів домішок, із подальшим осіданням їх на електродах. Гальванічна коагуляція отримала найбільший розвиток. В результаті накладання постійного струму на аноді, відповідно залізного або алюмінієвого, видаляються катіони заліза або алюмінію і в подальшому утворюються гідроксиди цих металів. Щільність струму на електродах приймається для алюмінієвих електродів на катоді 10...35, аноді 20...150 А/м<sup>2</sup>, для залізних – 10...100 А/м<sup>2</sup>. Тобто, розчин коагулянту готується з електродів безпосередньо на водоочисній станції.

Таблиця 2.2.

**Втрати напору в технологічних спорудах та з'єднувальних комунікаціях**

№ п/п	Найменування	Втрати напору, м
<b>В технологічних спорудах:</b>		
1	на сітчастих барабанних фільтрах (барабанні сітки та мікрофільтри)	0,4 – 0,6
2	у вхідних (контактних) камерах	0,3 – 0,5
3	в пристроях введення реагентів	0,1 – 0,3
4	в гідравлічних змішувачах	0,5 – 0,6
5	в механічних змішувачах	0,1 – 0,2
6	в гідравлічних камерах пастівцеутворення	0,4 – 0,5
7	в механічних камерах пастівцеутворення	0,1 – 0,2
8	у відстійниках та прояснювачах з завислим шаром осаду	0,7 – 0,8
9	на швидких фільтрах	3,0 – 3,5
10	на повільних фільтрах	1,0 – 2,0
11	на контактних прояснювачах, пінополісти-рольних фільтрах та префільтрах	2,0 – 2,5
<b>В з'єднувальних комунікаціях:</b>		
12	від сітчастих барабанних фільтрів (барабанних сіток та мікрофільтрів) до змішувачів	0,2
13	від змішувачів до відстійників, прояснювачів з завислим шаром осаду та контактних прояснювачів	0,3 – 0,4
14	від відстійників, прояснювачів з завислим шаром осаду або префільтрів до фільтрів	0,5 – 0,6
15	від фільтрів чи контактних прояснювачів до РЧВ	0,5 - 1
16	у вимірювальній апаратурі на вході та виході зі станції	0,5
17	в індикаторах витрати на відстійниках, прояснювачах з завислим шаром осаду, фільтрах та контактних прояснювачах	0,2 – 0,3





При визначенні попередніх відміток води в технологічних схемах розрахунок відміток починають з кінця схем. За вихідну відмітку приймається відмітка максимального рівня води в РЧВ, яка, як правило, перевищує відмітку поверхні землі біля нього на 0,5 – 1,0 м. Позначки рівнів води в технологічних спорудах визначаються з урахуванням втрат напору в них та з'єднувальних комунікаціях, які для попередніх розрахунків приймаються згідно [1, п.6.219] або таблиці 2.2. Після розрахунку технологічних споруд та з'єднувальних комунікацій уточнюються втрати напору в них та відмітки рівнів води.





### 3. РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО

#### 3.1 Визначення розрахункових доз реагентів

Згідно [21, п. 6.20] приготування та дозування реагентів необхідно передбачати у вигляді розчинів (коагулянт, флокулянт) чи суспензій (вапно).

Розрахункові дози реагентів [21, п.6.15] необхідно встановлювати для різних періодів року, в залежності від якості вихідної води та корегувати в період наладки та експлуатації споруд.

Доза коагулянту, мг/л, при обробці каламутних вод визначається за табл.3.1, а при обробці кольорових вод за формулою

$$D_K = 4\sqrt{K} \quad , \quad (3.1)$$

де  $K$  - кольоровість води, град.

Таблиця 3.1

Доза коагулянту при обробці каламутних вод

Каламутність води, мг/л	Доза безводного коагулянту, мг/л
до 100	25 – 35
100 - 200	30 – 40
200 - 400	35 – 45
400 - 600	45 – 50
600 - 800	50 – 60
800 - 1000	60 – 70
1000 - 1500	70 – 80

*Примітка. Менше значення доз відноситься до води, яка вміщує грубодисперсну завесь (гідралічна крупність часток зависі перевищує 0,5 мм/с).*

При застосуванні контактних прояснювачів або фільтрів, які працюють за принципом коагуляції в зоні засипки, дозу коагулянту необхідно приймати на 10-15% меншою ніж та, яка визначена за табл. 3.1 та формулою 3.1.

При одночасному зменшенні каламутності та кольоровості води, до розрахунку приймається більша доза з двох визначених вище.



Для інтенсифікації процесу коагуляції додатково з коагулянтном використовуються флокулянти, серед яких найбільше розповсюджений поліакриламід (ПАА) та активна кремнієва кислота. Доза флокулянтів приймається згідно [21, п.6.17]:

1. поліакриламиду (ПАА) за безводним продуктом:

- при введенні перед відстійниками чи прояснювачами з завислим шаром осаду згідно табл.3.2;
- при введенні перед фільтрами при двоступеневому очищенні – 0,05 – 1 мг/л;
- при введенні перед контактними прояснювачами чи фільтрами при одноступеневому очищенні, а також перед префільтрами – 0,2 – 0,6 мг/л;

2. активної кремнієвої кислоти (за  $\text{SiO}_2$ ):

- при введенні перед відстійниками чи прояснювачами з завислим шаром осаду для води з температурою більше –  $5-7^\circ\text{C}$  – 2-3 мг/л, з температурою менше  $5-7^\circ\text{C}$  – 3-5 мг/л;
- при введенні перед фільтрами при двоступеневому очищенні – 0,2 – 0,5 мг/л;
- при введенні перед контактними прояснювачами чи фільтрами при одноступеневому очищенні, а також перед префільтрами – 1 – 3 мг/л;

Таблиця 3.2

**Доза флокулянту (ПАА) при очищенні води з використанням відстійників або прояснювачів з завислим шаром осаду**

Каламутність води, мг/л	Кольоровість води, град.	доза безводного ПАА, мг/л
до 10	більше 50	1 – 1,5
більше 10 до 100	30 - 100	0,3 – 0,6
більше 100 до 500	20 - 60	0,2 – 0,5
Більше 500 до 1500	--	0,2 – 1,0

Згідно [21, п.6.17] флокулянти необхідно вводити у воду після коагулянтів. При очищенні висококаламутних вод (при каламутності понад 1500 мг/л) допускається введення флокулянтів до коагулянтів.

Необхідно передбачати можливість введення флокулянтів і коагулянтів з розривом в часі до 2 – 3 хв в залежності від якості вихідної води.



Для покращення ходу коагуляції та знебарвлення води, а також покращення санітарного стану споруд, необхідно передбачати первинне хлорування. Згідно [21, п.6.18] доза хлорвміщуючих реагентів (за активним хлором) для первинного хлорування приймається 3 – 10 мг/л. Реагенти рекомендується вводити за 1 – 3 хв до введення коагулянтів.

Для покращення пластівцеутворення та недостатньому лужному резерві необхідно вводити підлугуючі реагенти (вапно, соду), доза яких, мг/л, визначається згідно [21, п. 6.19]

$$D_{\text{л}} = K_{\text{л}} \left( \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} - L_0 + 1 \right), \quad (3.2)$$

де  $D_{\text{к}}$  - максимальна, в період підлугування, доза безводного коагулянту, мг/л;

$e_{\text{к}}$  - еквівалентна маса коагулянту (безводного), мг/мг-екв., приймається для  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - 57$ ;  $\text{FeCl}_3 - 54$ ;  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - 67$ ;

$K_{\text{л}}$  - коефіцієнт, який рівний для вапна (за  $\text{CaO}$ ) – 28; для соди (за  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) - 53;

$L_0$  - мінімальна лужність води, мг-екв/л

Підлугуючі реагенти (вапно) необхідно вводити одночасно із введенням коагулянтів.

**Приклад.** Визначити розрахункові дози реагентів.

***Вихідні дані.*** Повна продуктивність – 15000 м<sup>3</sup>/добу. Основні споруди – контактні прояснювачі. Каламутність – 80 мг/л, кольоровість – 80 град, лужність води – 1,8 мг-екв/л, гідравлічна крупність частинок – 0,51 мм/с.

***Розрахунок.*** Для прояснення та знебарвлення води передбачаємо використання таких реагентів: розчин хлору – для первинного хлорування з дозою 5 мг/л, коагулянт, флокулянт та, при необхідності, вапно для підлугування води.

Для усунення кольоровості води дозу коагулянту визначаємо за формулою 3.1



$$D_{\text{к}} = 4\sqrt{80} = 36 \text{ мг / л},$$

для усунення каламутності води дозу коагулянту визначаємо за табл. 3.1 -  $D_{\text{к}} = 25 \text{ мг / л}$  (прийнято менше значення оскільки вода містить грубодисперсну завись).

З двох визначених доз приймаємо більшу, тобто  $36 \text{ мг/л}$ , та враховуючи що очищення води передбачається на контактних прояснювачах, розраховану дозу коагулянту зменшуємо на 10%. Остаточно розрахункова доза коагулянту становить

$$D_{\text{к}} = (100 - 10) / 100 \cdot 36 = 32,4 \text{ мг / л}.$$

В якості коагулянту передбачаємо використання неочищеного сірчаноокислого алюмінію. Для інтенсифікації процесу коагуляції передбачаємо використання флокулянту (поліакриламід) з дозою

$$D_{\text{ф}} = 0,3 \text{ мг / л}.$$

Дозу підлогувуючого реагенту (вапна) визначаємо за формулою 3.2

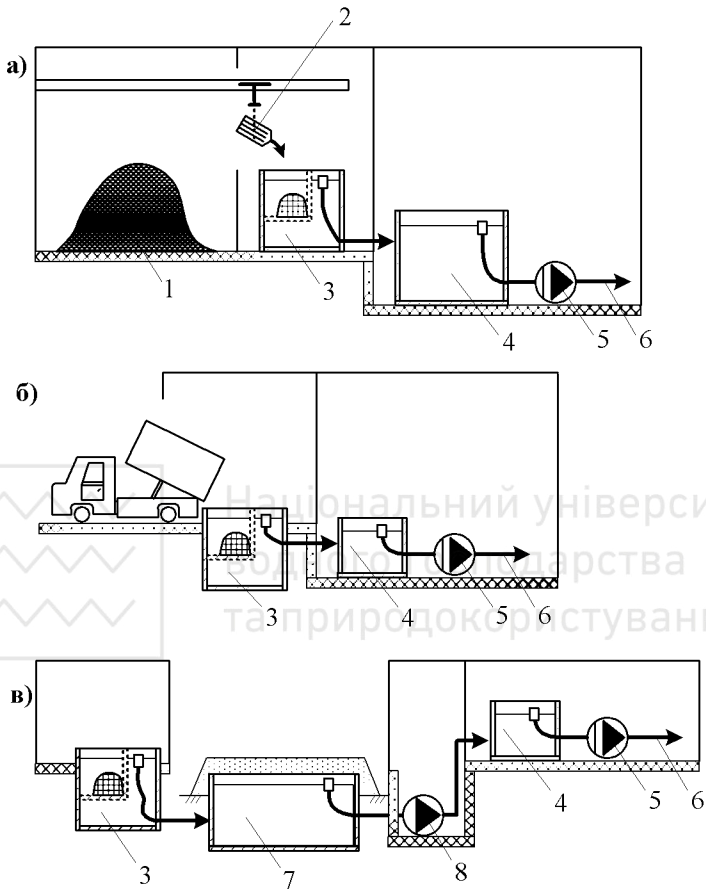
$$D_{\text{л}} = 28 \cdot \left( \frac{32,4}{57} - 1,8 + 1 \right) = -6,5 \text{ мг / л}.$$

Оскільки доза луку має від'ємне значення, то підлогувати воду не потрібно.

### 3.2. Вибір схеми господарства для приготування коагулянту

Спосіб зберігання коагулянту визначається на основі техніко-економічного обґрунтування і залежить від кількості коагулянту, який зберігається на водоочисній станції. При невеликій місячній потребі в коагулянті приймають сухий спосіб зберігання (рис.3.1, а), а при значних витратах – мокрий спосіб зберігання коагулянту в розчинних баках (рис.3.1, б). При місячному споживанні коагулянту більше об'єму його разової поставки, частина реагенту повинна зберігатися в баках - сховищах (рис. 3.1, в). Орієнтовно в курсовому проекті може бути прийнятий сухий спосіб зберігання коагулянту при місячному споживанні коагулянту до 21 т; мокрий спосіб зберігання коагулянту в розчинних баках – від 21 т до 120 т; мокрий спосіб зберігання коагулянту в баках-сховищах - більше 120 т.

Добові витрати коагулянту, т/доб, визначаються з виразу



**Рис. 3.1** Схеми споруд для зберігання, розчинення, дозування коагулянту (реагентного господарства)

**а) сухий спосіб зберігання; б) мокрий спосіб зберігання коагулянту в розчинних баках (молро-сухий спосіб); в) мокрий спосіб зберігання коагулянту в баках-сховищах;**

1 – закритий склад сухого реагенту; 2 – транспортуючий пристрій; 3 – розчинний бак; 4 – витратний бак; 5 – насос-дозатор; 6 – трубопровід подавання реагенту до змішувача; 7 – бак-сховище; 8 – кислотостійкий насос.



$$C_K = \frac{Q_{oc} \cdot D_K}{P_C \cdot 10^4} \quad (3.3)$$

де  $Q_{oc}$  - повна продуктивність водоочисної станції, м<sup>3</sup>/добу;

$D_K$  - розрахункова доза коагулянту, мг/л;

$P_C$  - вміст безводного продукту в коагулянті, %. При використанні неочищеного сірчаноокислого алюмінію приймається 33,5%, очищеного – 45%.

Кількість коагулянту, який зберігається на водоочисній станції, т

$$Z_K = C_K \cdot T_{зб} \quad (3.4)$$

де  $T_{зб}$  - розрахунковий час зберігання коагулянту на складі, доб. Згідно [21, п. 6.202]  $T_{зб}$  приймається 30 діб, а при обґрунтуванні - не менше 15 діб.

### 3.3. Розрахунок розчинних і витратних баків сухого способу зберігання

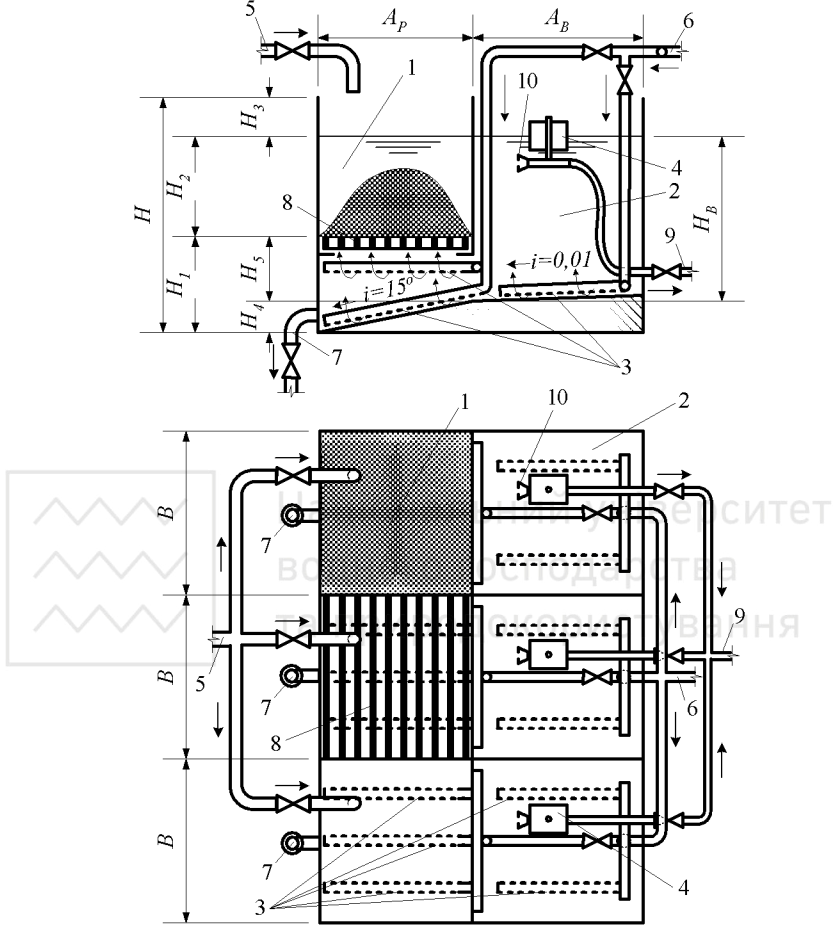
При зберіганні коагулянту на водоочисній станції в сухому вигляді (сухе зберігання) площа складу, м<sup>2</sup>, визначається за формулою

$$S_{ск} = K \cdot \frac{Z_K}{\rho_K \cdot h_K} \quad (3.5)$$

де  $K$  = 1,15 - коефіцієнт, який враховує площу проходів у складі;

$\rho_K$  = 1,6 т/м<sup>3</sup> - насипна вага коагулянту;

$h_K$  - висота шару коагулянту на складі, м. Згідно [21, п. 6.204] приймається  $h_K$  = 2 м, а при механізованому вивантаженні - до 3,5 м.



**Рис. 3.2. Розчинно-витратний бак коагулянту з поплавковим дозатором**

1 – розчинний бак; 2 – витратний бак; 3 – повітророзподільна система; 4 – поплавковий дозатор системи Хованського; 5 – підвід води; 6 – подача стисненого повітря; 7 – скид нерозчинених домішок коагулянту; 8 – колосникова решітка; 9 – подача віддозованого розчину коагулянту в змішувач; 10 – гайка-обійма для змінних діафрагм



Розчинні і витратні баки для реагентів можуть бути суміщеної конструкції. В даному випадку у витратних баках розміщують менші за об'ємом розчинні баки (рис.3.2). Коли баки розміщують окремо один від одного, їх зв'язують трубопроводами та запірною арматурою. Рекомендується в розчинні баки подавати підігріту воду та стиснене повітря для прискорення розчинення реагентів і перемішування. Розчинні баки обладнують колосниковими решітками. Як правило, баки місткістю менше 1,5 м<sup>3</sup> влаштовують дерев'яними, пластмасовими, металевими з футеровкою пластмасою, а більшої місткості виготовляють із залізобетону, прямокутними, з антикорозійним кислотостійким захисним покриттям.

Розрахунковий корисний об'єм розчинних баків, м<sup>3</sup>

$$W_p = \frac{q_{\Gamma} \cdot D_k \cdot t_{\Pi}}{10000 \cdot C_p \cdot \gamma} \quad , \quad (3.6)$$

де  $q_{\Gamma}$  - повна годинна продуктивність водоочисної станції, м<sup>3</sup>/год;

$t_{\Pi}$  - час повного циклу приготування розчину коагулянту (завантаження, розчинення, відстоювання, перекачка, при необхідності чистка піддона). Згідно [21, п. 6.22] приймається  $t_{\Pi} = 10-12$  год при температурі води до 10°C,  $t_{\Pi} = 6-8$  год при температурі води до 40°C;

$C_p$  - концентрація розчину коагулянту. Згідно [21, п. 6.21] приймається  $C_p$  до 17 % при використанні неочищеного коагулянту, до 20% - для очищеного кускового, до 24% - для очищеного гранульованого;

$\gamma$  - густина розчину, т/м<sup>3</sup>. Приймається  $\gamma = 1,105$  т/м<sup>3</sup> – при концентрації 10% та  $\gamma = 1,226$  т/м<sup>3</sup> – при концентрації 20%.

Об'єм одного розчинного баку, м<sup>3</sup>

$$W_1 = \frac{W_p}{N_p} \quad , \quad (3.7)$$

де  $N_p$  – кількість розчинних баків, шт. Згідно [21, п.6.22] кількість



розчинних баків приймається з врахуванням об'єму одноразової поставки, способу доставки та розвантаження коагулянту, його виду, а також часу на розчинення і повинно бути не менше 3.

Площа в плані розчинного бака, м<sup>2</sup>

$$S_p = \frac{W_1}{H_2} \quad , \quad (3.8)$$

де  $H_2 = 0,5-3,0$ м - робоча висота бака над колосниковою решіткою з прозорами 10 – 15 мм.

При квадратній формі бака, розмір його сторони, м

$$A_p = B = \sqrt{S_p} \quad . \quad (3.9)$$

В нижній частині (днище) розчинні баки влаштовуються з ухилом  $\alpha = 45^\circ$  до горизонту для неочищеного коагулянту та  $\alpha = 15^\circ$  для очищеного [21, п. 6.24]. Для спорожнення баків та скиду осаду передбачають трубопровід діаметром не менше 150 мм.

Висота похилого днища підрешіткової частини розчинного бака, м

$$H_4 = A_p \cdot \operatorname{tg}\alpha \quad . \quad (3.10)$$

Висота підрешіткової частини розчинного бака вище похилого днища, м

$$H_5 = 0,3 \cdot H_2 - 0,5 \cdot H_4 \quad . \quad (3.11)$$

Загальна висота підрешіткової частини розчинного бака, м

$$H_1 = H_4 + H_5 \quad . \quad (3.12)$$

Загальна висота розчинного бака, м

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad , \quad (3.13)$$



де  $H_3 = 0,3-0,5$  м - висота будівельного запасу.

Об'єм витратних баків,  $m^3$

$$W_B = \frac{W_p \cdot C_p}{C_B}, \quad (3.14)$$

де  $C_B$  - концентрація робочого розчину коагулянту в витратних баках, %. Згідно [21, п.6.21] приймається  $C_B$  до 12%.

Число витратних баків приймається не менше 2. Всі розміри баків визначаються аналогічно розчинним. Днище витратних баків влаштовують з ухилом не менше  $0,01$  ( $\approx 0,6^\circ$ ) до збірному трубопроводу, діаметр якого приймається не менше 100 мм. Трубопровід розташовують на 100 – 200 мм вище днища.

Для розчинення коагулянту у розчинних баках та перемішування розчину у витратних та розчинних баках передбачається подача стисненого повітря. Розрахункові витрати повітря,  $m^3/год$

$$q_{п} = 3,6 \cdot (\omega_p \cdot A_p \cdot V \cdot N_p + \omega_B \cdot A_B \cdot V \cdot N_B), \quad (3.15)$$

де  $\omega_p, \omega_B$  - інтенсивність подачі повітря, відповідно, в розчинні та витратні баки,  $л/(с \cdot м^2)$ . Згідно [21, п.6.23]  $\omega_p = 8 - 10$   $л/(с \cdot м^2)$ ,  $\omega_B = 3 - 5$   $л/(с \cdot м^2)$ ;

$N_p, N_B$  - відповідно, кількість розчинних та витратних баків в які одночасно подається стиснене повітря, шт.

Згідно [21] на 3-4 баки приймається одна повітродувка.

При проектуванні повітророзподільних систем необхідно прагнути до максимальної її розгалуженості з врахуванням рівномірності подачі повітря по площі баків при барботажі. Повітророзподільна система у суміщених розчинно-витратних баках повинна вкладатися на всю довжину та ширину бака як під розчинною частиною, так і в зоні перемішування.



Таблиця 3.3

**Технічні характеристики водокільцевих повітродувок**

Марка	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Надлишковий тиск, м.вод.ст.	Витрати води, м <sup>3</sup> /год	Габаритні розміри, а x b x h, мм			Потужність ел. - двигуна, кВт
				а	b	h	
ВК-1,5	55-95	10-3	до 0,48	1275	1128	945	7
ВК-3	125-210	10-3	до 0,48	1265	1108	965	14
ВК-6	294-378	10-3	до 0,96	1380	1210	1030	24
ВК-12	618-630	8-3	до 3,6	2200	1650	1240	40
РМК-2	216	14	до 1,8	1700	1375	1418	14-16
РМК-3	690	20	до 3,6	2280	1430	1580	34-40
РМК-4	1620	21	до 7,2	3130	1600	1570	75-100

Повітророзподільна система складається з трубопроводів подачі повітря до баків, розподільних колекторів та відгалужень з отворами.

Кількість відгалужень, шт., які розміщуються в одному баці для схеми, яка наведена на рис. 5.3, визначається за формулою

$$n_{\text{від}} = \frac{B}{I_B} \quad , \quad (3.16)$$

де **B** - ширина бака, м;

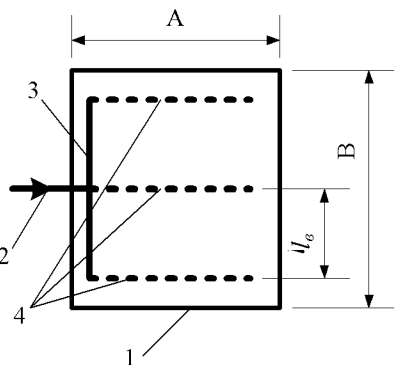
**I<sub>B</sub>** - відстань між відгалуженнями, м. Приймається **I<sub>B</sub>** не більше 0,4 – 0,5 м.

Кількість отворів в одному відгалуженні, шт

$$n_0 = \frac{A}{I_0} \quad , \quad (3.17)$$

де **A** - довжина бака, м;

**I<sub>0</sub>** = 0,075-0,15м - відстань між сусідніми отворами.



**Рис. 3.3** Схема до розрахунку повітророзподільної системи  
1 – корпус; 2 - подаючий повітропровод; 3 – колектор; 4 – відгалуження

Розрахункові (внутрішні) діаметри повітропроводів, м

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4q_{п}}{3600 \cdot \pi \cdot (P + 1) \cdot V}} \quad (3.19)$$

де  $q_{п}$  – витрати повітря, м<sup>3</sup>/год. Для повітропроводу, який приєднаний до повітророзподільної системи дані витрати повітря приймаються рівними продуктивності повітророзподільної системи;

$V = 10-15$  м/с - швидкість руху води в повітропроводі.

Повітропроводи проектується з пластмасових труб. Приймаючи стандартні діаметри повітропроводів, перевіряється розрахункова швидкість руху повітря в них, м/с

$$V = \frac{4q_{п}}{3600 \cdot \pi \cdot (P + 1) \cdot d_{вн}^2} \leq 30 \text{ м/с} \quad (3.20)$$

Отвори розташовуються в шаховому порядку вниз під кутом 30°. Діаметр отворів, мм, визначається за формулою

$$d_o = \sqrt{\frac{4000 \cdot A \cdot B \cdot \omega}{\pi \cdot n_o \cdot (P + 1) \cdot V_o}} \quad (3.18)$$

де  $\omega$  - інтенсивність подачі повітря в бак, л/(с·м<sup>2</sup>);

$V_o$  - швидкість виходу повітря з отворів, м/с. Приймається  $V_o$  не менше 30 м/с;

$P = 1,5 \text{ кгс/см}^2$  - напір в повітропроводі.



Таблиця 3.4

**Технічні характеристики компресорів SCL компанії-виробника FPZ**

Марка	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Надлишковий тиск, м. вод.ст.	Габаритні розміри, а x b x h, мм			Потужність, кВт	Маса, кг
			а	б	h		
SCL 06	29-15	5-7,5	235	222	229	0,2	7,0
SCL V3	50-21	5-12,5	240	246	246	0,37	10
SCL V4	108-28	5-20	290	292	298	0,75-1,1	16
SCL V5	172-50	5-25	300	334	345	1,5-2,2	25
SCL V6	267-90	5-30	380	380	380	2,2-4,0	36
SCL V66	403-268	5-17,5	470	380	470	4,0	44
SCL 45 SH	215-37	5-30	465	350	465	1,1-3,0	40
SCL 65 SH	468-218	5-30	490	426	490	2,2-5,5	60
SCL 30 SH	109-49	5-25	360	350	360	0,75-1,5	27
SCL 40 SH	172-64	5-30	420	350	420	0,75-2,2	31
SCL 50 SH	286-110	5-40	505	420	505	2,2-5,5	59
SCL 60 SH	362-160	5-45	510	520	510	2,2-7,5	75
SCL 70 SH	477-235	5-35	515	520	515	3,0-7,5	75
SCL 80 SH	778-341	5-45	660	520	660	4,0-15,0	104
SCL 90 SH	990-440	5-40	670	520	670	5,5-15,0	107
SCL 115 SH	1998-745	5-40	735	631	1320	15,0-30,0	505

Втрати напору по довжині повітропроводів, атм

$$P_{\text{дов}} = \frac{12,5}{\gamma} \cdot \frac{\beta \cdot G^2 \cdot l_d}{d_{\text{вн}}^5}, \quad (3.21)$$

де  $l_d$  - довжина повітропроводу, м;

$\beta$  - коефіцієнт опору, який залежить від  $G$  і приймається за табл. 3.6;

$\gamma$  - питома вага сухого повітря, кг/м<sup>3</sup>. Приймається за табл. 3.7;

$G$  - вага повітря, яке проходить через повітропровід за 1 год, кг/год

$$G = 0,06 \cdot q_{\text{п}} \cdot \gamma, \quad (3.22)$$

де  $q_{\text{п}}$  - витрати повітря, л/с.



Таблиця 3.5

**Розміри, маса труб із поліетилену високого тиску ПВД  
(ГОСТ 18599-83)**

Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки $s$ , мм внутрішній діаметр $d_{\text{вн}}$ , мм та маса $m$ , л м труби тип											
	Л			СЛ			С			Т		
	$s$	$d_{\text{вн}}$	$m$	$s$	$d_{\text{вн}}$	$m$	$S$	$d_{\text{вн}}$	$m$	$s$	$d_{\text{вн}}$	$m$
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6	0,05
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8	0,06
16	-	-	-	-	-	-	2	12	0,09	2,7	10,6	0,11
20	-	-	-	-	-	-	2	16	0,13	3,3	13,4	0,18
25	-	-	-	2	21	0,15	2,7	19,6	0,19	4,2	16,6	0,27
32	2	28	0,19	2,4	27,2	0,23	3,4	25,2	0,31	5,3	21,4	0,44
40	2	36	0,24	3	34	0,36	4,3	31,4	0,48	6,7	26,6	0,68
50	2,4	45,2	0,36	3,7	42,6	0,53	5,4	39,2	0,74	8,3	33,4	1,07
63	3	57	0,56	4,7	53,6	0,85	6,7	49,6	1,17	10,5	42	1,68
75	3,6	67,8	0,81	5,6	63,8	1,2	8	59	1,67	12,5	50	2,38
90	4,3	81,4	1,15	6,7	76,6	1,72	9,6	70,8	2,38	15	60	3,4
110	5,2	99,6	1,7	8,1	93,8	2,54	11,8	86,4	3,45	18,3	73,4	5,05
125	6,0	113	2,2	9,3	106,4	3,31	13,4	98,2	4,56	20,8	83,4	6,71
140	6,7	126,6	2,76	10,4	119,2	4,14	-	-	-	-	-	-
160	7,7	144,6	3,16	11,9	136,2	5,39	-	-	-	-	-	-

Таблиця 3.6

**Значення коефіцієнта  $\beta$  в залежності від величини  $G$ .**

$G$ , кг/год	$\beta$	$G$ , кг/год	$\beta$
10	2,03	400	1,18
15	1,92	650	1,1
25	1,78	1000	1,03
40	1,68	1500	0,97
65	1,54	2500	0,9
100	1,45	4000	0,84
150	1,36	6500	0,78
250	1,26		



Таблиця 3.7.

**Значення питомої ваги сухого повітря  $\gamma$**

Тиск, кгс/см <sup>2</sup>	Значення $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup> , при температурі $t, ^\circ\text{C}$							
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
1	1,41	1,35	1,30	1,25	1,21	1,17	1,13	1,06
2	2,81	2,70	2,59	2,58	2,41	2,33	2,56	2,12
4	5,63	5,40	5,20	5,01	4,83	4,66	4,51	4,23
6	8,44	8,10	7,79	7,51	7,24	7,00	6,77	6,35
8	11,25	10,80	10,40	10,01	9,66	9,33	9,02	8,46
10	14,06	13,50	12,99	12,51	12,07	11,66	11,28	10,58

Втрати напору в фасонних частинах повітропроводів, атм

$$P_{\phi} = 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot V^2 \cdot \sum \xi, \quad (3.23)$$

де  $V$  - швидкість руху повітря в повітропроводі, м/с, визначається за формулою 3.20;

$\sum \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів. Тип та кількість місцевих опорів приймається на основі розрахункової схеми.

Для дозування розчину коагулянту, як правило, застосовуються дозатори постійної дози (дозувальний пластмасовий шаровий кран, поплавковий дозатор системи Хованського) або насоси-дозатори.

Продуктивність насоса-дозатора, л/год

$$Q_{нд} = 1000 \cdot W_{в} / t_{ц} \quad (3.24)$$

Таблиця 3.8

**Характеристики насосів-дозаторів марки НД**

Показник	Марка насосів-дозаторів				
	НД2,5 400/16	НД2,5 630/10	НД2,5 1000/10	НД2,5 1600/16	НД2,5 2500/10
Подача, л/год	400	630	1000	1600	2500
Напір, м	160	100	100	160	100
Потужність ел. дв,кВт	1,1	1,1	2,2	3,0	3,0
Габаритні розміри, мм					
довжина	848	828	875	981	985
ширина	295	295	310	375	375
висота	627	627	690	800	800





Таблиця 3.9

**Характеристики насосів-дозаторів закордонного виробництва**

Марка	Ви-роб-ник	Продукт. при макс. тиску, л/год	Макс. напір, бар	Макс. частота ходу, хід/хв
1	2	3	4	5
<b>Електр і агнітні мембранні насоси</b>				
Genodos D, DM	Grunbeck	8,8 (при 6 бар)	10	109
Exados EK		*	10	--
Exados ES		**	10	--
Vt4a 1000	Prominent	0,69	10	180
Vt4a 1601		1,10	16	180
Vt4a 1602		2,20	16	180
VI4a 1005	Prominent	5,00	10	180
Vt4a 0708		7,70	7	180
Vt4a 0413		13,00	4	180
Vt4a 0220		20,40	2	180
Vt5a 1605		4,70	16	180
Vt5a		7,80	10	180
Vt5a		12,30	7	180
Vt5a		18,00	4	180
Vt5a		31,80	2	180
* Насоси комплектуються стандартними ємностями (3 л) та налаштовані на продуктивність 100 мл/м <sup>3</sup>				
** Насоси комплектуються транспортними каністрами (10 л) та налаштовані на продуктивність 100 мл/м <sup>3</sup>				
<b>Мембранні (діафрагмові) насоси з кроковим двигуном</b>				
DME2	Grundfos	2,5	18,0	180
DME8		7,5	10,0	180
DME12		12,0	6,0	180
DME19		18,5	6,2	151
DME48		48,0	2,6	151
MEDO II/II 6C	BWT	6,0	10,0	--
MEDO II/II 12C		12,0	5,0	--

1	2	3	4	5
<b>Механічні мембранні дозувальні насоси</b>				
DMM4	<b>Grundfos</b>	4,0	10	26
DMM8		75	10	48
DMM 15		15	10	95
DMM23		23	10	142
DMM48		48	10	95
DMM72		72	10	142
DMM110		110	5	
DMM 155		155	4	142
DMM 160		160	10	71
DMM210		210	10	95
DMM 260		260	10	120
DMM 290		290	8	95
DMM 390		390	6	120
DMM 440		440	5	47
DMM 640		640	5	70
DMM 990		990	4	101
Sigma S3Ba 120145 PVT	<b>Prominent</b>	145	10	72
Sigma S3Ba 120145 SST		145	12	72
Sigma S3Ba 120190 PVT		190	10	103
Sigma S3Ba 120190 SST		190	12	103
Sigma S3Ba 120270 PVT		270	10	144
Sigma S3Ba 120270 SST		270	12	144
Sigma S3Ba 120330 PVT		330	10	180
Sigma S3Ba 120330 SST		330	12	180

1	2	3	4	5
Sigma S3Ba 070410 PVT	Prominent	410	7	72
Sigma S3Ba 070410 SST		410	7	72
Sigma S3Ba 070580 PVT		580	7	103
Sigma S3Ba 070580 SST		580	7	103
Sigma S3Ba 040830 PVT		830	4	144
Sigma S3Ba 040830 SST		830	4	144
Sigma S3Ba 041030 PVT		1030	4	180
Sigma S3Ba 041030 SST		1030	4	180
Makro/5 5/20 HM 09 4000		4000	4	156
Механічні мембранні дозувальні насоси з гідравлічним приводом діафрагми (гідравлічні мембранні)				
Makro/5 5 HMH 23 60-50 S	Prominent	450	25	60
Makro/5 5 HMH 19 60-50 S		562	25	75
Makro/5 5 HMH 14 60-50 S		772	25	103
Makro/5 5 HMH 1160-50 S		997	25	133
Makro/5 5 HMH 09 60-50 S		1170	25	156
Makro/5 5 HMH 130-150		6000	6	156



**Приклад.** Запроектувати споруди для зберігання, приготування та дозування коагулянту.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність – 4500 м<sup>3</sup>/добу, розрахункова доза коагулянту – 36 мг/л, в якості коагулянту застосовується очищений глинозем (сірчаноокислий алюміній).

**Розрахунок.** Добові витрати коагулянту визначаємо з виразу 3.3

$$C_{\text{к}} = \frac{4500 \cdot 36}{45 \cdot 10^4} = 0,36 \text{ т / добу.}$$

Кількість коагулянту, який зберігається на водоочисній станції визначаємо з виразу 3.4  $Z_{\text{к}} = 0,36 \cdot 30 = 10,8 \text{ т}$ . Оскільки  $Z_{\text{к}} < 21 \text{ т}$ , то приймаємо сухий спосіб зберігання коагулянту. Площу в плані складу для зберігання коагулянту визначаємо з виразу 3.5

$$S_{\text{ск}} = 1,15 \cdot \frac{10,8}{1,6 \cdot 2} = 3,9 \text{ м}^2.$$

Тоді розміри в плані складу становлять **2,0x2,0 м**. Зі складу за допомогою ручної талі комковий коагулянт подається в розчинні баки. Приймаємо суміщені розчинно-витратні баки (рис.3.2).

Розрахунковий корисний об'єм розчинних баків визначаємо з виразу 3.6

$$W_{\text{р}} = \frac{4500 \cdot 36 \cdot 11}{24 \cdot 10000 \cdot 17 \cdot 1,19} = 0,37 \text{ м}^3.$$

При кількості розчинних баків  $N_{\text{р}} = 3$  шт, об'єм одного баку становитиме  $W_1 = 0,37 / 3 = 0,12 \text{ м}^3$ .

Прийнявши робочу висоту бака над колосниковою решіткою  $H_2 = 0,5 \text{ м}$ , отримаємо площу його поперечного перерізу

$$S_{\text{р}} = 0,12 / 0,5 = 0,24 \text{ м}^2.$$

При квадратній формі бака в плані, його сторона становитиме

$$A_{\text{р}} = B = \sqrt{0,24} = 0,5 \text{ м}.$$

Висота похилого днища підрешіткової частини

$$H_4 = 0,5 \cdot \text{tg}15^\circ = 0,134 \text{ м}.$$

Висота підрешіткової частини розчинного бака вище похилого днища

$$H_5 = 0,3 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot 0,134 = 0,083 \text{ м}.$$



Загальна висота підрешиєткової частини розчинного бака

$$H_1 = 0,134 + 0,083 = 0,217 \text{ м.}$$

Загальна висота розчинного бака  $H = 0,5 + 0,217 + 0,3 = 1,017 \text{ м}$

Загальний об'єм витратних баків визначаємо за формулою 3.14

$$W_B = \frac{0,37 \cdot 17}{12} = 0,52 \text{ м}^3.$$

Кількість витратних баків приймаємо рівною кількості розчинних

$$N_B = 3 \text{ шт. Тоді об'єм одного витратного бака } W_B^1 = 0,52 / 3 = 0,17 \text{ м}^3.$$

З рис. 3.2 висота води у витратному баці

$$H_B = H_2 + H_5 = 0,083 + 0,5 = 0,583 \text{ м.}$$

Тоді довжина витратного бака становитиме

$$A_B = \frac{H_B}{i} - \sqrt{\left(\frac{H_B}{i}\right)^2 - \frac{2 \cdot W_B^1}{B_B \cdot i}} =$$

$$= \frac{0,583}{0,01} - \sqrt{\left(\frac{0,583}{0,01}\right)^2 - \frac{2 \cdot 0,17}{0,5 \cdot 0,01}} = 0,586 \text{ м} \approx 0,6 \text{ м.}$$

(в формулі  $i$  - уклон дна витратного бака, долях;  $B_B$  - ширина витратного бака, м, яка дорівнює ширині розчинного бака).

Для розчинення коагулянту передбачаємо подачу стислого повітря, розрахункові витрати якого визначаємо з виразу 3.15

$$q_n = 3,6 \cdot (10 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 3 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3) = 43,2 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Приймаємо два компресори (один робочий, один резервний) марки SCL V3 компанії-виробника FPZ (табл. 3.4) з характеристиками: продуктивність 50-21 м<sup>3</sup>/год; надлишковий тиск 5-12,5 м.вод.ст., довжина 240 мм, ширина 246 мм, висота 246 мм, потужність 0,37кВт, маса 10 кг. Дозування коагулянту здійснюється за допомогою поплавкового дозатора системи Хованського, який розміщений у витратному баці.



### 3.4. Мокрий спосіб зберігання коагулянту в розчинних баках (мокр-сухий спосіб)

При застосуванні даного способу при поставці коагулянт завантажується безпосередньо в розчинні баки, де зберігається в сухому чи залитому водою вигляді. За потребою в частині розчинних баків відбувається розчинення коагулянту та перекачка у витратні баки, з яких розчин коагулянту подається в змішувачі.

Розрахунковий корисний об'єм розчинних баків, м<sup>3</sup>

$$W_p = A_p \cdot Z_k, \quad (3.25)$$

де  $A_p$  - розрахунковий об'єм розчинного бака на 1 т неочищеного коагулянту, м<sup>3</sup>/т. Згідно [21, п.6.205]  $A_p = 2,2-2,5$  м<sup>3</sup>/т – для неочищеного коагулянту,  $A_p = 1,9-2,2$  м<sup>3</sup>/т – для очищеного коагулянту.

Об'єм витратних баків, м<sup>3</sup>

$$W_v = \frac{q_{\Gamma} \cdot D_k \cdot t_{\Pi}}{10000 \cdot C_v \cdot \gamma}. \quad (3.26)$$

Розрахунок розмірів витратних та розчинних баків аналогічний як і при сухому способі зберігання коагулянту. При поставці комкового коагулянту автомашинами необхідно, щоб об'єм одного розчинного бака був кратний максимальному об'єму коагулянту, який зможе перевести даний автотранспорт. Крім того, для забезпечення самопливного надходження розчину коагулянту у витратні баки необхідно, щоб максимальний рівень розчину у розчинному баці перевищував максимальний рівень розчину у витратному баці не менше ніж на 0,5 м.

**Приклад.** Запроектувати споруди для зберігання, готування, дозування коагулянту.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність – 16800 м<sup>3</sup>/добу=700 м<sup>3</sup>/год, розрахункова доза коагулянту – 85 мг/л, в якості коагулянту застосовується очищений глинозем (сірчаноокислий алюміній), кількість



коагулянту, який зберігається на водоочисній станції становить 95 т.

**Розрахунок.** Оскільки  $21\text{т} < 3_{\text{к}} < 120\text{т}$ , то приймаємо мокрий спосіб зберігання коагулянту в розчинних баках (рис.3.1, б). Розрахунковий корисний об'єм розчинних баків визначаємо за формулою 3.25

$$W_p = 2,2 \cdot 95 = 209,0 \text{ м}^3.$$

При кількості розчинних баків  $N_p = 5$  шт, об'єм одного баку становитиме

$$W_1 = 209 / 5 = 41,8 \text{ м}^3.$$

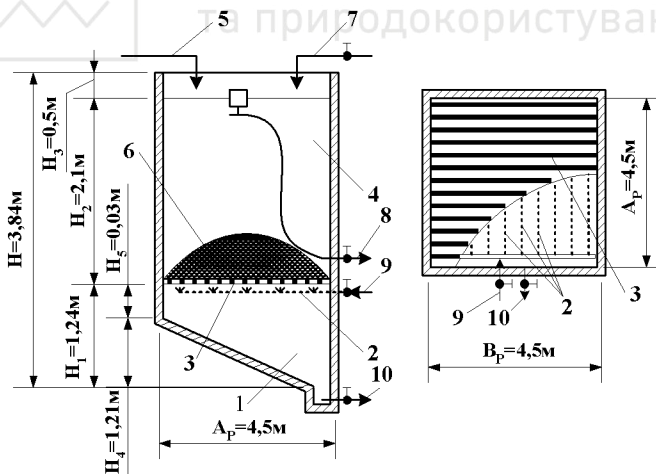
Оскільки коагулянт передбачається доставляти самоскидами, то місткість розчинного баку приймаємо кратною  $3 \text{ м}^3$ , тобто

$W_1 = 42,0 \text{ м}^3$  Прийнявши робочу висоту баку над колосниковою решіткою  $H_2 = 2,1 \text{ м}$ , отримаємо площу поперечного перерізу з виразу

$$S_p = 42 / 2,1 = 20,0 \text{ м}^2.$$

При квадратній формі баку в плані, його сторона становитиме

$$A_p = B_p = \sqrt{20,0} = 4,5 \text{ м}.$$



**Рис. 3.4** Схема розчинного баку

1 – осадова частина; 2 – повітряна розподільна система; 3 – колосникова решітка; 4 – розчинна частина; 5 – завантаження кускового коагулянту; 6 – шар коагулянту; 7 – подача води; 8 – відбір концентрованого розчину; 9 – подача повітря; 10 – випуск осаду



Висота похилого днища підрешіткової частини

$$H_4 = 4,5 \cdot \operatorname{tg}15^\circ = 1,21 \text{ м.}$$

Висота підрешіткової частини розчинного бака вище похилого днища  $H_5 = 0,3 \cdot 2,1 - 0,5 \cdot 1,21 = 0,03 \text{ м.}$

Загальна висота підрешіткової частини розчинного бака  $H_1 = 1,21 + 0,03 = 1,24 \text{ м.}$  Загальна висота розчинного бака

$$H = 2,1 + 1,24 + 0,5 = 3,84 \text{ м.}$$

Загальний об'єм витратних баків визначаємо за формулою 3.26

$$W_B = \frac{700 \cdot 85 \cdot 11}{10000 \cdot 12 \cdot 1,129} = 4,8 \text{ м}^3.$$

Кількість витратних баків приймаємо  $N_B = 2 \text{ шт.}$  Тоді об'єм одного витратного бака  $W_B^1 = 4,8 / 2 = 2,4 \text{ м}^3.$

Прийнявши висоту води у витратному баці  $H_B = 2,0 \text{ м,}$  площа поперечного перерізу становить  $S_B = 2,4 / 2 = 1,2 \text{ м}^2.$

Максимальна відмітка розчину в розчинному баці перевищує максимальну відмітку розчину у витратному баці на  $0,6 \text{ м.}$  Прийнявши квадратною в плані форму витратного бака та нехтуючи малим ухилом дна баку, отримаємо сторону витратного бака, яка становитиме  $A_B = B_B = \sqrt{1,2} = 1,1 \text{ м.}$

Для розчинення коагулянту передбачаємо подачу стислого повітря, розрахункові витрати якого визначаємо за формулою 3.15

$$q_{\text{п}} = 3,6 \cdot (8 \cdot 4,5 \cdot 4,5 \cdot 1 + 4 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 2) = 618 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Приймаємо дві водокільцеві повітродувки (одна робоча, одна резервна) марки ВК-12 (табл.3.3) з наступними характеристиками: продуктивність  $618\text{-}630 \text{ м}^3/\text{год.}$ ; надлишковий тиск  $8\text{-}3 \text{ м.вод.ст.},$  витрати води до  $3,6 \text{ м}^3/\text{год.},$  довжина  $2200 \text{ мм,}$  ширина  $1650 \text{ мм,}$  висота  $1240 \text{ мм,}$  потужність  $40 \text{ кВт.}$

Кількість відгалужень визначаємо за формулою 3.16 для розчинного баку -  $n_p^{\text{від}} = 4,5 / 0,5 = 8 \text{ шт,}$  для витратного баку  $n_B^{\text{від}} = 1,1 / 0,4 = 3 \text{ шт.}$  Кількість отворів в одному відгалуженні визначаємо за формулою 3.17:

$$\text{для розчинного бака} - n_p^{\text{от.}} = 4,5 / 0,15 = 30 \text{ шт,}$$





для витратного бака -  $n_B^{от} = 1,1 / 0,15 = 7$  шт.

Отвори розташовуються в шаховому порядку вниз під кутом  $30^\circ$ .  
Діаметр отворів визначаємо за формулою 3.18:

$$\text{для розчинного бака} - d_p^{от} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 4,5 \cdot 4,5 \cdot 8}{3,14 \cdot 30 \cdot (1,5 + 1) \cdot 30}} = 10 \text{ мм},$$

$$\text{для витратного бака} - d_b^{от} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 4}{3,14 \cdot 8 \cdot (1,5 + 1) \cdot 30}} = 3 \text{ мм}.$$

Діаметри повітропроводів визначаємо за формулою 3.19 попередньо склавши розрахункову схему. Приймаємо поліетиленові труби високого тиску ПВД (ГОСТ 18599-83) Розрахунок виконуємо в табл.3.10.

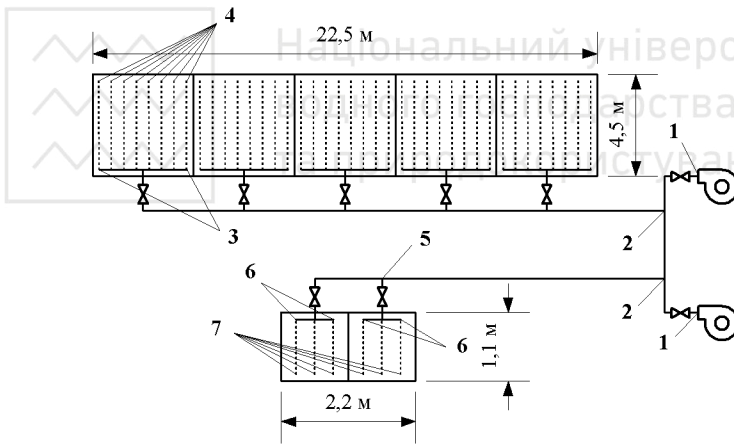


Рис. 3.5. Розрахункова схема для визначення діаметрів повітропроводів

Дозування коагулянту передбачаємо за допомогою насоса-дозатора, продуктивність якого визначаємо за формулою 3.24

$$Q_{нд} = 1000 \cdot 4,8 / 12 = 400 \text{ л / год.}$$

Приймаємо два насоси-дозатори марки НД 2,5 400/16 (один робочий, один резервний) з характеристиками: продуктивність до 400 л/год; напір 160 м, довжина 848 мм, ширина 295 мм, висота 627 мм, потужність 1,1 кВт.



Таблиця 3.10

## Розрахунок діаметрів повітропроводів

№ ділянки	Витрати, м <sup>3</sup> /год	Розрахований діаметр, м	Прийнятий зовнішній (внутрішній) діаметр, мм/тип труби	Розрахункова швидкість, м/с
1-2	618,0	0,086	90(81,4)/Л	13,2
2-3	583,2	0,083	90(81,4)/Л	12,5
3-4	82,0	0,031	32(28)/Л	14,8
2-5	34,8	0,022	25(21)/СЛ	11,2
5-6	17,4	0,016	20(16)/С	9,6
6-7	5,8	0,009	12(8)/Т	12,8

### 3.5. Мокрий спосіб зберігання коагулянту в баках-сховищах

Даний спосіб зберігання коагулянту застосовується, якщо об'єм разової поставки коагулянту менший за його місячне споживання. При цьому різниця між місячним споживанням та разовою поставкою коагулянту зберігається в баках - сховищах. Коагулянт, який доставляється на водоочисну станцію, завантажується в розчинні баки, в яких відбувається розчинення частини чи всієї партії коагулянту. Далі коагулянт самопливом подається в баки-сховища. Баки сховища влаштовують напівзаглибленого типу. Конструкція баків-сховищ подібна до конструкції резервуарів чистої води, але вони додатково обладнуються системою повітропроводів для перемішування коагулянту та кислотостійким покриттям внутрішніх поверхонь. Для забезпечення незамерзання розчину коагулянту в зимовий період може передбачатися подача підігрітого повітря чи води. За допомогою кислотостійких насосів розчин коагулянту з баків-сховищ перекачується у витратні баки в яких розчин коагулянту доводиться до необхідної концентрації і за допомогою дозуючих пристроїв подається в змішувачі.

Розрахунковий корисний об'єм розчинних баків, м<sup>3</sup>

$$W_p = A_p \cdot \Pi_k$$

де  $\Pi_k$  - об'єм разової поставки коагулянту на водоочисну станцію, т.



При поставці коагулянту залізничним транспортом, об'єм разової поставки коагулянту повинен бути кратним кількості коагулянту, який може перевезти один вагон (60т).

Об'єм баків-сховищ, м<sup>3</sup>

$$W_c = A_c \cdot (Z_k - П_k) \quad , \quad (3.28)$$

де  $A_c = 1,5-1,7 \text{ м}^3/\text{т}$  - розрахунковий об'єм бака-сховища на 1 т неочищеного коагулянту, [21, п.6.205].

Об'єм витратних баків, м<sup>3</sup>, визначається за формулою 3.26.

Розрахунок розмірів баків аналогічний, як при вищеписаних способах зберігання коагулянту.

Таблиця 3.11

**Технічні характеристики насосів для агресивних середовищ**

Марка	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Надлишковий тиск, м.вод.ст.	Габаритні розміри, а x b x h, мм			Потужність ел. двигуна, кВт
			а	б	h	
1,5X-9Д-1-41	6-14	20-14	960	375	400	2,8-4,5
			1040	405	400	
2X-9Д-1-41	11-22	25-17	1050	405	400	4,5-7
			1100	405	330	
3X-9Д-1-41	29-54	35-27	1378	485	460	14-22
			1400	485	460	

**Приклад.** Визначити об'єми споруд для приготування коагулянту.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність – 1800 м<sup>3</sup>/год, розрахункова доза коагулянту – 37 мг/л, в якості коагулянту застосовується неочищений глинозем (сірчаноокислий алюміній), який доставляється залізничним транспортом, місячна потреба в товарному коагулянті становить 140 т.

**Розрахунок.** Оскільки  $Z_k > 120\text{т}$ , то приймаємо мокрий спосіб зберігання коагулянту в баках-сховищах (рис.3.1 в). Оскільки



коагулянт доставляється залізничним транспортом, то загальний об'єм розчинних баків приймаємо рівним об'єму одноразової поставки, тобто  $\Pi_K = 60$  т. Розрахунковий корисний об'єм розчинних баків визначаємо за формулою 3.28

$$W_p = 2,3 \cdot 60 = 138 \text{ м}^3.$$

Прийнявши кількість розчинних баків  $N_{p.б.} = 4$  шт, отримаємо об'єм одного баку  $W_1 = 138 / 4 = 34,5 \text{ м}^3$ .

Загальний об'єм баків-сховищ визначаємо за формулою 3.28

$$W_c = 1,6 \cdot (140 - 60) = 128 \text{ м}^3.$$

Кількість баків-сховищ приймаємо  $N_c = 3$  шт. Тоді об'єм одного бака-сховища  $W_c^1 = 128 / 3 = 43 \text{ м}^3$ .

Загальний об'єм витратних баків визначаємо за формулою 3.26

$$W_b = \frac{1800 \cdot 37 \cdot 11}{10000 \cdot 11 \cdot 1,117} = 6 \text{ м}^3.$$

Кількість витратних баків приймаємо  $N_b = 2$  шт. Тоді об'єм одного витратного бака  $W_b^1 = 6 / 2 = 3 \text{ м}^3$

### 3.6. Розрахунок споруд для дозування флокулянту

Для інтенсифікації процесів коагуляції та наступного осідання зависі можуть використовуватися флокулянти, наприклад, поліакриламід (ПАА). При додаванні ПАА відбувається прискорене злипання нестійких твердих частинок. Це викликано адсорбцією молекул ПАА на частинках зависі та пластівцях коагулянту, що призводить до їх швидкого укрупнення та прискорює осідання.

Схема приготування та дозування ПАА наведена на рис. 3.6.

Технічний поліакриламід – прозорий, безколірний або жовто-коричневий, в'язкий і тягучий гель, який вміщує  $C_{II} = 7-9\%$  полімеру (активної частини). Поставляється та зберігається в бочках вагою 100-150 кг. Зберігається при плюсовій температурі, бажано біля місця приготування.

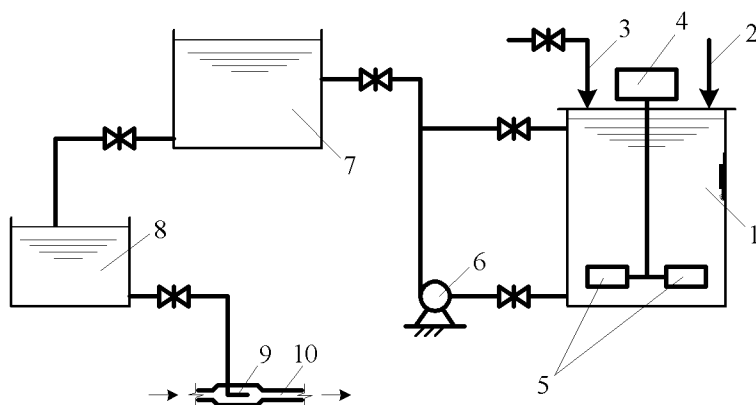


Для розчинення технічного поліакриламідю застосовуються мішалки, розроблені АКГ ім. Памфілова (ЦКБ АКГ УРП-2м) загальним об'ємом 2 м<sup>3</sup>. За один цикл готується до 150 кг (m<sub>П</sub>) гелю. Робоча ємність бака мішалки становить W<sub>М</sub>=1,2 м<sup>3</sup>. Згідно [21, п.6.30] цикл приготування розчину ПАА з гелю приймається 25-40 хв. Для прискорення приготування розчину ПАА необхідно використовувати гарячу воду з температурою не більше 50°C. За один цикл приготування концентрація розчину ПАА, %, визначається за формулою

$$C_M = \frac{A_{\text{П}} \cdot m_{\text{П}}}{W_M} \quad (3.29)$$

Бак має квадратну форму в плані для зменшення виру, який утворюється при обертанні розчину. Швидкість обертання валу 1000 об./хв. На валу розміщено дві лопасті розмірами 60x100 мм під кутом 10° до вертикальної осі. Внутрішню і зовнішню поверхні баку покривають нітросмаллю.

Одна мішалка може забезпечити робочим розчином очисні споруди продуктивністю до 150 тис. м<sup>3</sup>/добу.



**Рис. 3.6.** Схема приготування та дозування розчину ПАА

1 - бак з мішалкою; 2 - подача розчину ПАА; 3 - подача води; 4 - електродвигун; 5 - лопасті; 6 - циркуляційно-перекачувальний насос; 7 - витратний бак; 8 - дозуючий пристрій; 9 - ежектор; 10 - подача до місця введення ПАА



Об'єм витратних баків, м<sup>3</sup>, визначається за формулою

$$W_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{ос}} \cdot D_{\text{п}} \cdot t_{\text{ц}}}{1000 \cdot C_{\text{б}} \cdot \gamma} \quad (3.30)$$

де  $Q_{\text{ос}}$  - повна продуктивність водоочисної станції, м<sup>3</sup>/доб;

$t_{\text{ц}}$  - тривалість зберігання розчину ПАА, доба. Згідно [21, п. 6.31]

приймається  $t_{\text{ц}}$  до 15 діб при концентрація розчину ПАА  $C_{\text{б}}=0,7-$

1,0 %,  $t_{\text{ц}}=7$  діб при  $C_{\text{б}}=0,4-0,6$  %,  $t_{\text{ц}}=2$  доби при  $C_{\text{б}}=0,1-0,3$  %;

$\gamma=1,0$ т/м<sup>3</sup> - густина розчину.

Для перекачування робочого розчину ПАА можна застосовувати ежектори, відцентрові насоси з характеристиками, які наведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

**Характеристики відцентрових насосів, які використовуються для перекачування розчину ПАА**

Марка	Розміри колеса, см		Характеристики насосів при роботі з ПАА			
	діаметр	ширина	продуктивність, л/с	напір, м	ККД, %	потужність, кВт
2К-6а	14,8	2,7	2,52	7,1	35,5	1,91
			5,2	24,7	49,6	2,55
			8,05	19,8	52,8	3
2К-6б	13,2	2,8	2,53	20,9	36,1	1,44
			5,28	18,4	50	1,92
			6,7	16,2	51	2,1

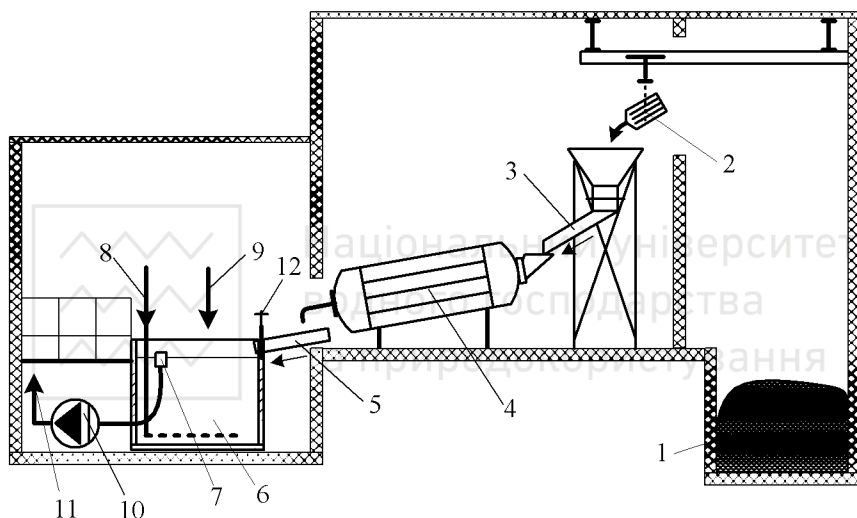
*Примітка.* Швидкість обертання валу електродвигунів 2900 об/хв., потужність – 4,5 кВт.

### 3.7. Споруди для приготування вапняного молока

При низькій лужності води застосовують вапнування, тобто підлугування води вапняним молоком.

Вапно характеризується низькою розчинністю у воді, яка при температурі 20°C становить 1,23 г/л. Внаслідок цього готувати розчин вапна

доцільно лише при витраті не більше 0,25 т/добу в перерахунку на CaO, оскільки при більших витратах, необхідні апарати досить великих розмірів. Тому при витратах вапна більше 0,25 т/добу, вдаються до приготування вапняного молока (суспензії) в термо-механічних гасниках вапна. Приготування вапна виконується за схемою (рис.3.7).



**Рис. 3.7. Схема приготування та дозування вапняного молока**

1 – склад вапна; 2 – мостовий кран з грейфером; 3 – бункер завантаження; 4 – вапногасник термомеханічний; 5 – лоток для концентрованого вапняного молока; 6 – витратний бак суспензії вапняного молока; 7 – поплавок з гнучким шлангом; 8 – подача повітря; 9 – подача води для розчинення концентрованого вапняного молока; 10 – насос-дозатор; 11 – подача віддозованого вапняного молока в змішувач; 12 – шибер переключення подачі концентрованого вапняного молока між баками.

Звичайне будівельне вапно доставляють в негашеному вигляді на склад вапна 1, який повинен примикати до приміщення, де розташовані баки для приготування вапняного молока. За допомогою мостового крану 2 грейфером необхідну кількість вапна завантажують

в бункер 3, звідки по вібротранспортеру воно надходить у вапногасник 4 (наприклад, термомеханічний вапногасник С-322

продуктивністю 1 т/год з електродвигуном потужністю 2,8 кВт). Далі концентроване вапняне молоко надходить в розчинно-витратний бак 6, де концентрація його зменшується до величини не більше 5% шляхом розчинення водою. Для підтримання частинок вапна у завислому шарі процес перемішування розчину вапняного молока повинен супроводжуватися безперервним барботажем шляхом подачі повітря від повітродувки цеху коагуляції води упродовж всього часу, починаючи від розчинення до повного використання розчину. Розчинно-витратні баки обладнуються повітророзподільними дірчастими трубами, поплавковими пристроями з гнучкими гумовотканинними шлангами 7 для відбору розчину насосами-дозаторами та трубопроводами з вентилями для подачі води та повітря.

В залежності від продуктивності споруд, баки вапна можуть, як і баки коагулянту, розташовуватися не тільки на нижніх, а й на верхніх поверхах.

Розрахунок складів комкового вапна, витратних баків вапняного молока, насосів-дозаторів аналогічний розрахунку цих споруд для коагулянту. При цьому у формулі 3.26 час, на який заготовляють вапняне молоко, приймається  $t_{ц} = 6-12$  год, концентрація вапняного молока  $C_6$  до 5% [21, п.6.35], об'ємна вага вапняного молока  $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$ . Згідно [21, п.6.35] мінімальна кількість баків вапняного молока становить 2 шт.

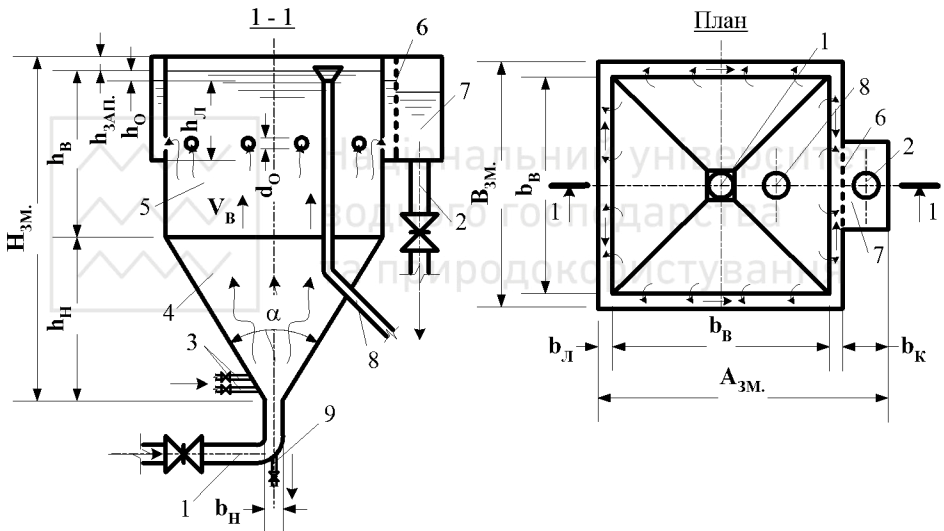




## 4. ЗМІШУВАЧІ

### 4.1. Загальні положення

Змішувачі призначені для швидкого та рівномірного розчинення реагентів у воді і повинні містити пристрої введення цих реагентів. Змішування реагентів з водою забезпечується змішувачами гідравлічного типу – вихровими (вертикальними) (рис.4.1) і перегородчастими (рис. 4.2), а при обґрунтуванні допускається застосування змішувачів механічного типу (мішалок) [21, п.6.43].



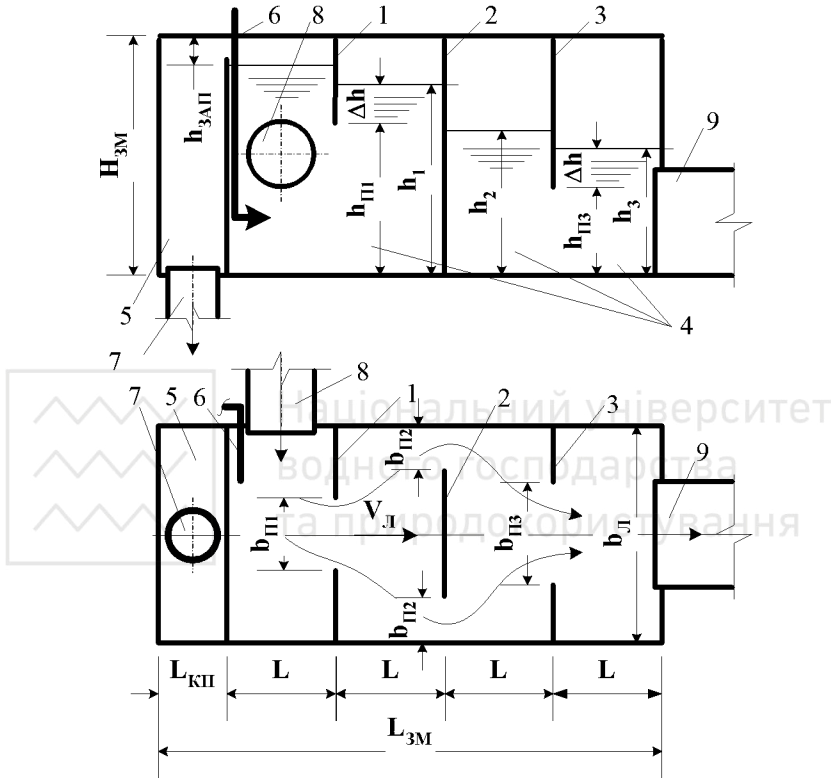
**Рис. 4.1. Схема вертикального (вихрового) змішувача**

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

Змішувачів повинно бути не менше двох з можливістю їх відключення в період інтенсивного пластівцеутворення, при цьому, всі вони робочі [21, п. 6.44]. Необхідно передбачати обвідний трубопровід в обхід змішувачів з розміщенням на ньому резервних



пристроїв введення реагентів у вигляді перфорованих трубчастих розподілювачів або вставок в трубопровід, які створюють місцеві опори [21, п.6.42].



**Рис. 4.2. Схема перегородчастого змішувача**

1 - перша перегородка; 2 – друга перегородка; 3 – третя перегородка; 4 – змішувальні відділення; 5 – переливне відділення; 6 – трубопровід подавання розчину коагулянту; 7 – переливний трубопровід; 8 – подавальний трубопровід; 9 - відвідний трубопровід

Перегородчасті змішувачі можуть застосовуватися на водоочисних станціях середньої продуктивності. Він являє собою лоток прямокутного перерізу з трьома перегородками. В першій та третій перегородках влаштовуються проходи для води, які розміщуються в центральній



частині перегородок. В середній перегородці передбачено два бокових проходи для води, які примикають до стінок лотка. Завдяки такій конструкції змішувача виникає турбулентність потоку води, яка рухається через змішувач, що забезпечує повне перемішування реагентів з водою. Згідно [21, п. 6.45] при очищенні води з крупнодисперсними завислими частинками та при використанні реагентів у вигляді суспензій (вапно) або частково прояснених розчинів, доцільно застосовувати вихрові змішувачі, оскільки процес розчинення реагентів в них проходить значно повніше. Це пояснюється тим, що крупні частинки знаходяться в нижній частині вертикального змішувача, де під дією підвищених швидкостей скоріше розчиняються. Зменшуючись в розмірах, ці частинки виносяться водою у верхню частину змішувача і залишаються в ній практично до повного розчинення. Вихровий змішувач (один) розраховується на продуктивність до 400 л/с.

#### 4.2. Вихрові змішувачі

Витрати води, які проходять через один змішувач, м<sup>3</sup>/с

$$q_{зм} = \frac{q_{г}}{3600 \cdot n_{зм}}, \quad (4.1)$$

де  $q_{г}$  – повна година продуктивність очисної станції, м<sup>3</sup>/год;

$n_{зм}$  – кількість змішувачів, шт. Згідно [21, п.6.44] мінімальна кількість змішувачів  $n_{зм} = 2$  шт.

Площа горизонтального перерізу в вертикальній частині змішувача, м<sup>2</sup>

$$f_{в} = 1000 \cdot \frac{q_{зм}}{V_{в}}, \quad (4.2)$$

де  $V_{в} = 30 - 40$  мм/с – швидкість висхідного руху води у вертикальній частині змішувача.



Розміри в плані верхньої частини змішувача, м

- квадратної (сторони)

$$b_B = \sqrt{f_B} \quad , \quad (4.3)$$

- круглої (діаметр)

$$b_B = D_B = \sqrt{\frac{4f_B}{\pi}} \quad , \quad (4.4)$$

Діаметр подавального трубопроводу  $D_{II}$  визначається за швидкістю руху води в ньому  $V=1,2...1,5$  м/с.

Ширина нижньої частини квадратного або діаметр круглого змішувача приймається  $b_H=D_{II}$  або більше на 0,1...0,2 м. Висота нижньої пірамідальної або конічної частини змішувача, м

$$h_H = 0.5 \cdot (b_B - b_H) / \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad , \quad (4.5)$$

де  $\alpha = 30 - 45^\circ$  – кут між похилими стінками пірамідальної частини змішувача, [21, п.6.45].

Висота верхньої частини з вертикальними стінками приймається  $h_B=1,0-1,5$  м [21, п. 6.45].

Повна висота змішувача, м

$$H_{3M} = h_H + h_B + h_{\text{зап}} \quad , \quad (4.6)$$

де  $h_{\text{зап}} = 0,5$  м - висота запасу.

Збір води забезпечується в верхній частині змішувача периферійним лотком через отвори. Вода, що протікає по лотках в напрямку бокової кишені розділяється на два потоки. Тому, площа живого перерізу водозбірного лотка,  $m^2$  буде становити

$$\omega_{\text{Л}} = \frac{Q_{3M}}{2 \cdot V_{\text{Л}}} \quad , \quad (4.7)$$



де  $V_{л} = 0,6$  м/с – швидкість руху води в лотку, [21, п.6.45].

Вода в лотки потрапляє через отвори, заглиблені на  $0,6...0,9$  м, тобто висота лотка  $h_{л} = 0,7...1,2$  м.

Ширина лотка, м

$$b_{л} = \frac{\omega_{л}}{h_{л}} \quad (4.8)$$

Уклон дна лотка приймається  $0,02$ .

Загальна площа затоплених отворів, м<sup>2</sup>

$$F_0 = \frac{Q_{зм}}{V_0} \quad (4.9)$$

де  $V_0 = 1$  м/с – швидкість руху води через отвори.

Діаметр отворів  $d_0 = 20 - 80$  мм. Орієнтовно при продуктивності до  $5000$  м<sup>3</sup>/добу він становить  $20$  мм, до  $10000$  –  $40$  мм, до  $15000$  –  $60$  мм.

Кількість отворів, шт

$$n_0 = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_0^2} \quad (4.10)$$

Втрати напору в отворах, м

$$h_0 = \left[ 3,3 \cdot \left( \frac{\omega_{л}}{F_0} \right)^{1,7} + 3 \right] \cdot \frac{V_0^2}{2g} \quad (4.11)$$

Крок отворів, м

- квадратної форми

$$e_0 = 4 \cdot b_{л} / n_0 \quad (4.12)$$



- круглої форми

$$e_0 = \pi \cdot b_B / n_0, \quad (4.13)$$

Відстань між отворами, м

$$l_0 = e_0 - d_0. \quad (4.14)$$

Крок отворів повинен бути в 2...3 рази більшим за діаметр отворів. Діаметр відповідного трубопроводу  $D_B$  визначається за швидкістю руху води не більше 1 м/с. Розміри бокової кишені в плані призначаються такими, що дорівнюють двом-трьом діаметрам  $D_B$ . Діаметр переливного трубопроводу приймається рівним 100-150мм.

Приклад. Розрахувати вихрові змішувачі.

Вихідні дані. Повна продуктивність водоочисних споруд  $Q_2 = 790 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Розрахунок. Приймаємо кількість змішувачів  $n_{\text{зм}}=2$  шт. Витрати води, які проходять через один змішувач

$$q_{\text{зм}} = 790 / (3600 \cdot 2) = 0,11 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Площа горизонтального перерізу в вертикальній частині змішувача

$$f_B = 1000 \cdot 0,11 / 30 = 3,7 \text{ м}^2.$$

Приймавши верхню частину змішувача квадратною в плані, її сторона становитиме  $b_B = \sqrt{3,7} = 1,9 \text{ м}$ .

Подаючий трубопровід проектуємо з труб сталевих електрозварних згідно ГОСТ 10704-91. Користуючись таблицями для гідравлічного розрахунку водопровідних труб, приймаємо умовний діаметр подаючого трубопроводу  $D_y=300$  мм (розрахункова швидкість руху води  $V_P=1,45$  м/с), зовнішній діаметр  $D_{\text{зов}}=325$  мм, внутрішній –  $D_{\text{вн}}=311$  мм. Отже, сторону нижньої основи змішувача приймаємо  $b_H=0,32$  м. Висота нижньої пірамідальної частини змішувача

$$h_H = 0,5 \cdot (1,9 - 0,32) / \text{tg}(40 / 2) = 2,17 \text{ м}.$$



Висоту верхньої частини з вертикальними стінками приймаємо  $h_b=1,5$  м.

Повна висота змішувача  $H_{зм} = 2,17 + 1,5 + 0,5 = 4,17$  м.

Площа живого перерізу водозбірного лотка

$$\omega_{л} = 0,11 / (2 \cdot 0,6) = 0,09 \text{ м}^2.$$

Прийнявши висоту лотка  $h_{л} = 0,7$  м, отримаємо його ширину

$$b_{л} = 0,09 / 0,7 = 0,13 \text{ м}.$$

Уклон дна лотка приймаємо 0,02. Загальна площа затоплених отворів

$$F_0 = 0,11 / 1 = 0,11 \text{ м}^2.$$

Прийнявши діаметр отворів  $d_0 = 80$  мм, їх загальна кількість становитиме

$$n_0 = 4 \cdot 0,11 / (3,14 \cdot 0,08^2) = 22 \text{ шт.}$$

Втрати напору в отворах

$$h_0 = \left[ 3,3 \cdot (0,09 / 0,11)^{1,7} + 3 \right] \cdot 1^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,27 \text{ м}.$$

Крок отворів  $e_0 = 4 \cdot 1,9 / 22 = 0,345$  м.

Відстань між отворами  $l_0 = e_0 - d_0 = 0,345 - 0,08 = 0,265$  м.

Відвідний трубопровід проектуємо з сталевих електрозварних труб згідно ГОСТ 10704-91. Користуючись таблицями для гідравлічного розрахунку водопровідних труб, приймаємо умовний діаметр відвідного трубопроводу  $D_y=400$  мм (розрахункова швидкість руху води  $V_p=0,82$  м/с). Тоді, ширина кишені становитиме 0,8 м. Діаметр переливного трубопроводу приймаємо рівним  $D_{пм}=100$  мм

### 4.3. Перегородчасті змішувачі

Площа поперечного перерізу лотка змішувача,  $\text{м}^2$

$$f_{л} = q_{зм} / V_{л} \quad , \quad (4.15)$$

де  $q_{зм}$  – витрати води, які проходять через один змішувач,  $\text{м}^3/\text{с}$ , визначаються за формулою 4.1;

$V_{л} = 0,7-0,5$  м/с - швидкість руху води в лотку, [21, п.6.47].

Ширина лотка, м



$$b_{п1} = f_{п1} / H \quad , \quad (4.16)$$

де  $H$  - висота шару води в кінці змішувача (не менше 0,4-0,5 м).

Втрати напору в звуженнях, м

$$h_{зв} = \xi \frac{V_{зв}^2}{2g} \quad , \quad (4.17)$$

де  $\xi = 2,9$  - коефіцієнт опору;

$V_{зв}$  - швидкість руху води в звуженнях, м/с, ( $\approx 1$  м/с).

При наявності трьох перегородок, загальні втрати напору в звуженнях всього змішувача, м

$$\sum h_{зв} = 3 \cdot h_{зв} \quad . \quad (4.18)$$

Оскільки в центральній перегородці є два бокових звуження, то площа одного отвору,  $m^2$  становитиме

$$f_2 = 0,5 \cdot q_{зв} / V_{зв} \quad . \quad (4.19)$$

Висота шару води нижче центральної (другої) перегородки, м

$$h_2 = H + h_{зв} \quad . \quad (4.20)$$

Висота отворів у другій перегородці, м

$$H_{п2} = h_2 - \Delta h \quad , \quad (4.21)$$

де  $\Delta h = 0,10-0,15$  м – глибина затоплення проходів від рівня води до їх верху.

Ширина кожного отвору у другій перегородці, м

$$b_{п2} = f_2 / h_{п2} \quad . \quad (4.22)$$





Площа отвору у першій та третій перегородках, м, визначається за формулою

$$f_{1,3} = q_{3M} / V_{3B} \quad (4.23)$$

Висота отвору у третій перегородці, м

$$h_{п3} = H - \Delta h \quad (4.24)$$

Ширина отвору у третій перегородці, м

$$b_{п3} = f_{1,3} / h_{п3} \quad (4.25)$$

Висота шару води після першої перегородки, м

$$h_1 = H + 2 \cdot h_{3B} \quad (4.26)$$

Висота отвору у першій перегородці, м

$$h_{п1} = h_1 - \Delta h \quad (4.27)$$

Ширина отвору у першій перегородці, м

$$b_{п1} = f_{1,3} / h_{п1} \quad (4.28)$$

Відстань між перегородками, м, визначається за формулою

$$L = 2b_{п1} \quad (4.29)$$

Висота змішувача, м

$$H_{3M} = h_1 + h_{3B} + h_{зап} \quad (4.30)$$

де  $h_{зап}=0,5$  м - висота запасу.

Діаметри трубопроводів та розміри переливної камери приймаються аналогічно розрахункам вихрового змішувача.



Довжина змішувача, м

$$L_{\text{зм}} = 4 \cdot L + L_{\text{пк}} \quad , \quad (4.31)$$

де  $L_{\text{пк}}$  – довжина переливної камери, м.

**Приклад.** Розрахувати перегородчасті змішувачі.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність водоочисних споруд –  $q_2 = 900 \text{ м}^3/\text{год}$ .

**Розрахунок.** Приймаємо кількість змішувачів  $n_{\text{зм}}=2$  шт. Витрати води, які проходять через один змішувач

$$q_{\text{зм}} = 900 / (3600 \cdot 2) = 0,125 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Площа поперечного перерізу лотка змішувача

$$f_{\text{л}} = 0,125 / 0,5 = 0,25 \text{ м}^2.$$

Прийнявши висоту шару води в кінці змішувача  $H = 0,5$  м, отримаємо ширину лотка  $b_{\text{л}} = 0,25 / 0,5 = 0,5$  м.

Втрати напору в звуженнях  $h_{\text{зв}} = 2,9 \cdot 1^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,15$  м.

Площа одного отвору в центральній перегородці

$$f_2 = 0,5 \cdot 0,125 / 1 = 0,06 \text{ м}^2.$$

Висота шару води нижче центральної (другої) перегородки

$$h_2 = 0,5 + 0,15 = 0,65 \text{ м}.$$

Висота отворів у другій перегородці  $h_{\text{п2}} = 0,65 - 0,1 = 0,55$  м.

Ширина кожного отвору у другій перегородці

$$b_{\text{п2}} = 0,06 / 0,55 = 0,11 \text{ м}.$$

Площа отвору у першій та третій перегородках

$$f_{1,3} = 0,125 / 1 = 0,125 \text{ м}^2.$$

Висота отвору у третій перегородці

$$h_{\text{п3}} = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ м}.$$

Ширина отвору у третій перегородці

$$b_{\text{п3}} = 0,125 / 0,4 = 0,31 \text{ м}.$$

Висота шару води після першої перегородки

$$h_1 = 0,5 + 2 \cdot 0,15 = 0,8 \text{ м}.$$

Висота отвору у першій перегородці

$$h_{\text{п1}} = 0,8 - 0,1 = 0,7 \text{ м}.$$



*Ширина отвору у першій перегородці*

$$b_{п1} = 0,125 / 0,7 = 0,18 \text{ м.}$$

*Відстань між перегородками*

$$L = 2 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ м,}$$

*Висота змішувача*

$$H_{зм} = 0,8 + 0,15 + 0,5 = 1,45 \text{ м.}$$

*Подаючий, переливний, відвідний трубопроводи проектуємо з сталевих електрозварних труб згідно ГОСТ 10704-91\*.*

*Користуючись таблицями для гідравлічного розрахунку водопровідних труб, приймаємо умовний діаметр подаючого трубопроводу  $D_y = 350$  мм (розрахункова швидкість руху води  $V_p = 1,21$  м), умовний діаметр відвідного трубопроводу  $D_y = 400$  мм (розрахункова швидкість руху води  $V_p = 0,93$  м). Діаметр переливного трубопроводу приймаємо рівним  $D_n = 150$  мм.*

*Довжину переливної камери приймаємо рівною двом діаметрам переливного трубопроводу, тобто  $L_{пк} = 0,3$  м.*

*Довжина змішувача  $L_{зм} = 4 \cdot 1,0 + 0,7 = 4,3$  м.*



## 5. ВІДСТІЙНИКИ ТА ПРОЯСНЮВАЧІ З ЗАВИСЛИМ ШАРОМ ОСАДУ

### 5.1. Вертикальні відстійники

Вертикальні відстійники рекомендується застосовувати при продуктивності водоочисної станції до 5000 м<sup>3</sup>/доб. В центрі такого відстійника влаштовується гідравлічна камера утворення пластівців водоворотного типу.

Згідно [21, п.6.63], розрахункова площа прояснення, м<sup>2</sup>

$$F_{в.о} = \beta_{об} \cdot \frac{q_{г}}{3,6 \cdot V_{р} \cdot N_{р}}, \quad (5.1)$$

де  $\beta_{об}$  – коефіцієнт, який враховує об'ємне використання відстійника;

$q_{г}$  - повна годинна продуктивність водоочисної станції, м<sup>3</sup>/год;

$V_{р}$  – розрахункова швидкість висхідного потоку, мм/с.

Приймається згідно [21, табл. 18] або табл. 5.1;

$N_{р}$  – кількість працюючих відстійників, шт.

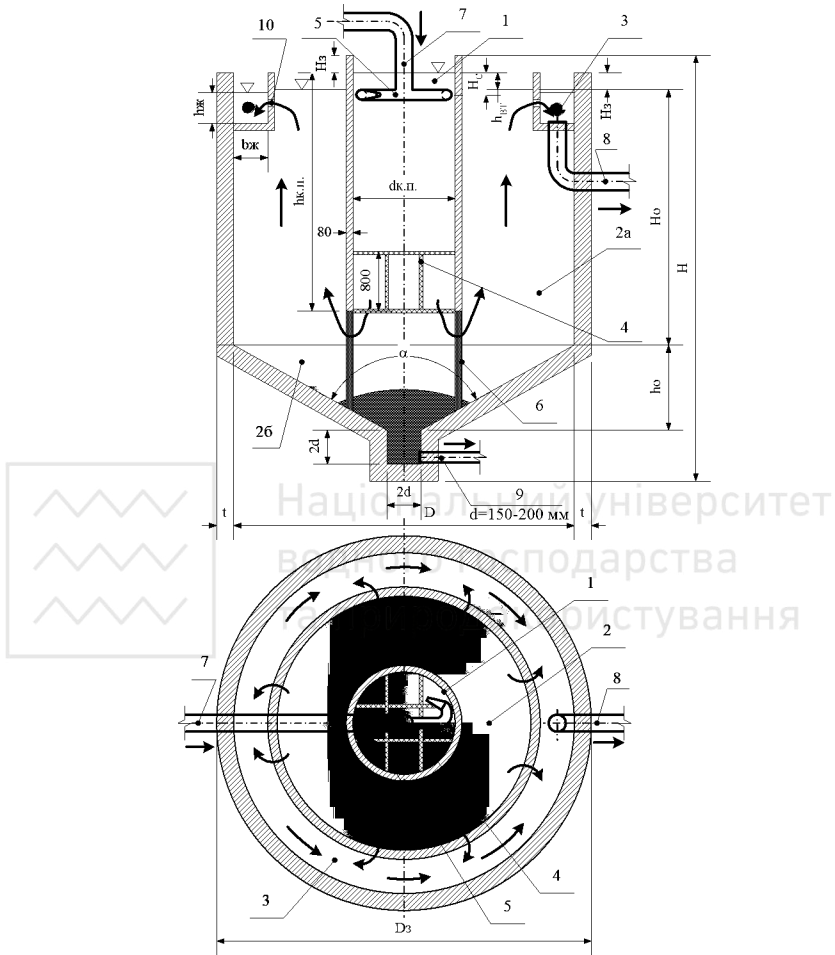
Згідно [21, п.6.63]  $\beta_{об} = 1,3 - 1,5$  (нижнє значення при відношенні діаметра до висоти відстійника – 1, верхнє – 1,5), а згідно [21, п. 6.63] при кількості відстійників менше 6 шт, слід передбачити один резервний.

Площа камери пластівцеутворення, м<sup>2</sup>

$$f_{к.п} = \frac{q_{г} \cdot t}{60 \cdot N_{р} \cdot h_{к.п}}, \quad (5.2)$$

де  $t$  – час перебування води в камері, хв. Згідно [21, п.6.60]  $t = 15 - 20$  хв (нижня межа - для каламутних вод; верхня - для кольорових);

$h_{к.п}$  – висота камери пластівцеутворення, м. Згідно [21, п.6.60]  $h_{к.п.} = 3,5-4$  м.



**Рис. 5.1. Схема вертикального відстійника з вбудованою камерою пластівцеутворення**

1 - камера пластівцеутворення; 2 – вертикальний відстійник; 2а – зона прояснення; 2б - зона накопичення та ущільнення осаду; 3 – периферійний жолоб; 4 – гасник; 5 – сопло; 6 – опори камери пластівцеутворення; 7 – подавальний трубопровід; 8 – відвідний трубопровід; 9 – трубопровід періодичного видалення осаду; 10 – затоплені отвори



Таблиця 5.1

**Розрахункова швидкість осідання зависі ( $V_p$ )**

Характеристика води, яка обробляється, і спосіб обробки	Швидкість випадання зависі, яку затримують відстійники, мм/с
Малокаламутна кольорова вода, яка обробляється коагулянтном	0,35-0,45
Вода середньої каламутності, яка обробляється коагулянтном	0,45-0,5
Каламутні води, які обробляються - коагулянтном - флокулянтном	0,5-0,6
	0,2-0,3
Каламутні води, які не обробляються коагулянтном	0,08-0,15

*Примітки. 1. У випадку використання флокулянтів при коагулюванні води швидкість випадання зависі слід збільшити на 15-20 %.*

*2. Нижні значення швидкості вказані для господарсько-питних водопроводів.*

Висота зони прояснення вертикального відстійника, м

$$H_0 = 1,1 \cdot h_{к.п} \quad (5.3)$$

Загальна площа відстійника, м<sup>2</sup>

$$F = F_{в.о.} + f_{к.п.} \quad (5.4)$$

Відстійник може мати круглу або квадратну форму в плані. Розміри в плані верхньої частини відстійника, м

- квадратної (сторони)

$$D = b_B = \sqrt{F} \quad (5.5)$$

- круглої (діаметр)

$$D = \sqrt{4 \cdot F / \pi} \quad (5.6)$$



Висота ущільнення та накопичення осаду, м

$$h_o = 0,5 \cdot (D - d) / \operatorname{tg}(\alpha / 2) , \quad (5.7)$$

де  $d = 2d_{oc}$  – довжина сторони (діаметр) нижньої частини пірамідального (конічного) днища, м, яка дорівнює двом діаметрам труби для видалення осаду з відстійника  $d_{oc} = 0,15 - 0,20$  м;

$\alpha = 70^0 - 80^0$  – кут між похилими стінками відстійника, [21, п.6.65].

Об'єм зони ущільнення та накопичення осаду, м<sup>3</sup>

- пірамідальної форми



конічної форми

$$W_{з.у.} = \frac{h_o}{3} (D^2 + d^2 + D \cdot d) , \quad (5.8)$$

$$W_{з.у.} = \frac{\pi}{3} \cdot h_o \left( \frac{D^2 + d^2 + D \cdot d}{4} \right) . \quad (5.9)$$

Концентрація завислих речовин у воді, яка поступає у відстійник, г/л

$$C_B = M + K_K \cdot D_K + 0,25 \cdot Ц + B_B , \quad (5.10)$$

де  $M$  – кількість завислих речовин у вихідній воді, г/м<sup>3</sup>, (приймається рівною каламутності вихідної води);

$K_K$  – коефіцієнт, який рівний для неочищеного сірчаноокислого алюмінію  $K_K = 1$ , очищеного  $K_K = 0,5$ ;

$D_K$  – доза коагулянту, г/м<sup>3</sup>;

$Ц$  – кольоровість вихідної води, град;

$B_B$  – кількість нерозчинних речовин, які вводяться з вапном, г/м<sup>3</sup>

$$B_B = (1 - K_B) \cdot D_B , \quad (5.11)$$



де  $K_B$  – дольовий вміст CaO у вапні. Приймається  $K_B = 0,4$ ;

$D_B$  – доза вапна за CaO, г/л.

Згідно [21, п.6.65] період роботи відстійника між скиданням осаду, год

$$T_P = \frac{W_{3,y} \cdot N_P \cdot \delta}{q_G \cdot (C_B - m)}, \quad (5.12)$$

де  $\delta$  - середня по всій висоті осадової частини концентрація твердої фази осаду, г/м<sup>3</sup>. Приймається згідно [21, табл. 19] або табл. 5.2;

$m = 8 - 15$  мг/л – каламутність води на виході з відстійника.

Таблиця 5.2

Визначення середньої концентрації осаду ( $\delta$ )

Каламутність вихідної води, мг/л	Реагент	Середня по висоті осадової частини відстійника концентрація твердої фази в осаді, г/м <sup>3</sup> , при періодах між скидами осаду, год.		
		6	12	24 і більше
До 50	Коагулянт	9000	12000	15000
50...100	Те саме	12000	16000	20000
100...400	Те саме	20000	32000	40000
400...1000	Те саме	35000	50000	60000
1000...1500	Те саме	80000	100000	120000
Понад 1500	Флокулянт	90000	140000	160000
Те саме	Без реагентів	200000	250000	300000

Згідно [21, п.6.66] збір проясненої води передбачають периферійними або радіальними жолобами з затопленими отворами  $d_{отв} = 15-20$  мм або з трикутними вирізами. Отвори в жолобі влаштовуються на 5-8 см вище дна жолоба.

При зборі відстояної води внутрішнім периферійним жолобом поперечний переріз його, м<sup>2</sup>

$$f_{ж} = \frac{q_c}{N_P \cdot V_{ж}}, \quad (5.13)$$





де  $V_{ж} = 0,5 - 0,6$  м/с – швидкість руху води в жолобі [21, п.6.66].

Ширина жолоба, м

$$b_{ж} = f_{ж} / h_{ж} \quad , \quad (5.14)$$

де  $h_{ж} = 0,1 - 0,2$  м – висота води в жолобі.

Загальна кількість отворів, шт.

$$\sum f_{от} = \frac{q_c}{N_p \cdot V_{от}} \quad , \quad (5.15)$$

де  $V_{от} = 1$  м/с – швидкість руху води в отворах.

Площа поперечного перерізу одного отвору, м<sup>2</sup>

$$f_o = \frac{\pi \cdot d_{отв}^2}{4} \quad . \quad (5.16)$$

Загальна кількість отворів, шт.

$$n_o = \sum f_{от} / f_o \quad . \quad (5.17)$$

Внутрішній периметр жолоба, м

- квадратної форми

$$P_{ж} = 4 \cdot (D - 2 \cdot (b_{ж} + t_{ст})) \quad , \quad (5.18)$$

- круглої форми

$$P_{ж} = \pi \cdot (D - 2 \cdot (b_{ж} + t_{ст})) \quad ,$$

де  $t_{ст} = 0,06 - 0,08$  м - товщина стінки жолоба.



Крок між отворами, м

$$e_0 = P_{ж} / n_0 \quad (5.19)$$

Діаметр камери пластівцеутворення, м

$$d_{к.п.} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{к.п.}}{\pi}} \quad (5.20)$$

Діаметр подавального трубопроводу приймають, виходячи зі швидкості руху води в ньому  $V_{п} = 0,8-1$  м/с, а відповідного трубопроводу –  $V_{в} = 0,8-1,2$  м/с.

Подача води в камеру пластівцеутворення здійснюється за допомогою двох сопел, які розміщуються на відстані  $0,2d_{к.п.}$  від стінки камери, на глибині  $H_c = 0,5$  м від рівня води [21, п.6.59].

Необхідний діаметр сопла, м

$$d_c = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{q_c}{N \cdot \mu \cdot V_c}} \quad (5.21)$$

де  $\mu = 0,908$  – коефіцієнт витрати для насадки, який конічно сходиться, під кутом  $\beta = 25^\circ$ ;

$V_c = 2 - 3$  м/с – швидкість виходу води із сопла.

Довжина сопла, м

$$l_c = 0,5 \cdot d_c / \operatorname{tg}(\beta / 2) \quad (5.22)$$

Втрати напору в соплі, м

$$h_c = 1,18 \cdot \frac{V_c^\phi^2}{2g} \quad (5.23)$$

де  $V_c^\phi$  – фактична швидкість виходу води із сопла, м/с, яка визнача-



визначається за формулою

$$V_c^{\phi} = \frac{Q_r}{2826 \cdot d_c^2 \cdot \mu \cdot N_p} \quad (5.24)$$

Для запобігання передачі обертового руху води з камери пластівцеутворення у відстійник, знизу камера обладнується гасником з дерев'яних пластин, поставлених на ребро хрест – навхрест. Розміри комірок гасника 0,5 x 0,5 м, висота гасника 0,8 м [21, п. 6.59].

Зовнішній діаметр (довжина) відстійника, м

$$D_3 = D + 2 \cdot t \quad (5.25)$$

де  $t = 0,2$  м – товщина стінки.

Загальна висота відстійника з камерою пластівцеутворення, м

$$H = d + t + h_0 + H_0 + h_{вт} + H_3 \quad (5.26)$$

де  $d = 0,3-0,4$  м - довжина сторони (діаметр) нижньої частини пірамідального (конічного) днища;

$H_3$  – величина перевищення будівельної висоти над розрахунковим рівнем води, м. Приймається не менше 0,3 м;

$h_{вт.} = 0,4 - 0,5$  м - втрати напору в камері пластівцеутворення.

**Приклад.** Розрахувати вертикальні відстійники.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність водоочисних споруд  $Q_r = 65$  м<sup>3</sup>/год, каламутність вихідної води  $M = 500$  мг/л, кольоровість  $C = 40$  град., доза неочищеного сірчаноокислого алюмінію  $D_k = 50$  мг/л, доза вапна  $D_v = 10$  мг/л.

**Розрахунок.** Приймаємо кількість робочих відстійників  $N_p = 2$  шт. та один резервний. Згідно табл.5.1 розрахункова швидкість висхідного потоку  $V_p = 0,5$  мм/с. Приймавши співвідношення діаметра до висоти відстійника  $1,5, \beta_{об} = 1,5$ .



Розрахункова площа прояснення

$$F_{\text{в.о.}} = 1,5 \cdot \frac{65}{3,6 \cdot 0,5 \cdot 2} = 27 \text{ м}^2.$$

Прийнявши час перебування води в камері пластівцеутворення  $t = 18$  хв. та висоту камери  $h_{\text{к.п.}} = 3,5$  м, отримаємо її площу

$$f_{\text{к.п.}} = \frac{65 \cdot 18}{60 \cdot 2 \cdot 3,5} = 2,8 \text{ м}^2.$$

Загальна площа відстійника

$$F = 27 + 2,8 = 29,8 \text{ м}^2.$$

Прийнявши відстійник квадратним у плані, довжина його сторони становитиме

$$D = \sqrt{29,8} = 5,5 \text{ м}.$$

Висота зони прояснення  $H_0 = 1,1 \cdot 3,5 = 3,85$  м.

Перевіряємо співвідношення довжини сторони відстійника до висоти зони прояснення  $D/H_0 = 5,5/3,8 = 1,5$ , що відповідає раніше прийнятому.

Прийнявши діаметр труби для видалення осаду з відстійника  $d_{\text{ос}} = 200$  мм (труби сталеві електрозварні згідно ГОСТ 10704-91), отримаємо довжину сторони нижньої частини пірамідального днища  $d = 2d_{\text{ос}} = 0,2$  м. Прийнявши кут між похилими стінками відстійника  $\alpha = 80^\circ$ , висота зони ущільнення та накопичення осаду становитиме

$$h_0 = 0,5 \cdot (5,5 - 0,2) / \text{tg}(80/2) = 3,0 \text{ м}.$$

Об'єм зони ущільнення та накопичення осаду

$$W_{\text{з.у.}} = 3/3 \cdot (5,5^2 + 0,2^2 + 5,5 \cdot 0,2) = 31,4 \text{ м}^3.$$

Кількість нерозчинних речовин, які вводяться з вапном

$$B_{\text{в}} = (1 - 0,4) \cdot 10 = 6 \text{ мг / л}.$$

Концентрація завислих речовин у воді, яка поступає у відстійник

$$C_{\text{в}} = 500 + 1,2 \cdot 50 + 0,25 \cdot 40 + 6 = 576 \text{ мг / л}.$$

Прийнявши за табл.5.2 середню по всій висоті осадової частини концентрацію твердої фази осаду  $\delta = 60000$  г/м<sup>3</sup>, період роботи



відстійника між скиданням осаду становитиме

$$T_p = \frac{31,4 \cdot 2 \cdot 60000}{65 \cdot (576 - 10)} = 102 \text{ год.},$$

що значно більше за 24 год. Отже, об'єм зони ущільнення та накопичення осаду достатній.

Для збору відстояної води передбачаємо внутрішній периферійний жолоб з поперечним перерізом  $f_{ж} = 65 / (2 \cdot 3600 \cdot 0,6) = 0,015 \text{ м}^2$ .

Прийнявши висоту води в жолобі  $h_{ж} = 0,15 \text{ м}$ , отримаємо ширину жолоба  $b_{ж} = 0,015 / 0,15 = 0,1 \text{ м}$

Прийнявши діаметр отворів  $d_{от} = 16 \text{ мм}$ , площа одного отвору становитиме  $f_0 = 3,14 \cdot 0,016^2 / 4 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

Загальна площа отворів  $\sum f_0 = 65 / (2 \cdot 3600 \cdot 1) = 0,009 \text{ м}^2$ .

Тоді загальна кількість отворів  $n_0 = 0,009 / 2 \cdot 10^{-4} = 45 \text{ шт.}$

Внутрішній периметр жолоба

$$P_{ж} = 4 \cdot (5,5 - (0,1 + 0,08)) = 20,56 \text{ м.}$$

Крок між отворами  $e_0 = 20,56 / 45 = 0,457 \text{ м.}$

Діаметр камери пластівцеутворення  $d_{к.п.} = \sqrt{4 \cdot 2,8 / 3,14} = 1,9 \text{ м.}$

У нижній частині камери пластівцеутворення розміщуємо гасник з розмірами комірок  $0,5 \times 0,5 \text{ м}$ , висотою  $0,8 \text{ м}$ .

Діаметр подаючого трубопроводу приймаємо  $D_y = 100 \text{ мм}$ ,  $V_p = 0,89 \text{ м/с}$ , а відвідного трубопроводу –  $D_y = 100 \text{ мм}$ ,  $V_p = 0,89 \text{ м/с}$  (труби сталеві електрзварні згідно ГОСТ 10704-91).

Подача води в камеру пластівцеутворення здійснюється за допомогою двох сопел, які розміщується на відстані  $0,38 \text{ м}$  від стінки камери на глибині  $H_c = 0,5 \text{ м}$  від рівня води.

$$\text{Діаметр сопла } d_c = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{65}{2 \cdot 3600 \cdot 0,908 \cdot 2,5}} = 0,07 \text{ м.}$$

Довжина сопла  $l_c = 0,5 \cdot 0,07 / \text{tg}(25/2) = 0,158 \text{ м.}$

Фактична швидкість виходу води із сопла



$$V_c^{\Phi} = \frac{65}{2826 \cdot 0,07^2 \cdot 0,908 \cdot 2} = 2,58 \text{ м/с.}$$

Втрати напору в соплі  $h_c = 1,18 \cdot 2,58^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,4 \text{ м.}$

Зовнішня довжина відстійника  $D_3 = 5,5 + 2 \cdot 0,2 = 5,9 \text{ м.}$

Загальна висота відстійника з камерою пластівцеутворення

$$H = 0,3 + 0,2 + 3 + 3,85 + 0,4 + 0,3 = 8,05 \text{ м.}$$

## 5.2. Прояснювачі з завислим шаром осаду коридорного типу

В порівнянні з відстійниками, прояснювачі з завислим шаром осаду (ПЗШО) покращують очищення води за рахунок її проходження через шар завислого осаду, в якому відбувається контактна коагуляція та стиснене осідання.

Згідно [21, п.6.77] розрахунок прояснювачів проводиться з врахуванням річних коливань якості води. Згідно [21, ф.11] максимальна концентрація завислих речовин, яка поступає на ПЗШО, мг/л, визначається за формулою 5.10. Згідно [21, п.6.78] з врахуванням [21, п.6.63] загальна площа зони прояснення,  $\text{м}^2$ , визначається для двох періодів:

- мінімальної каламутності при мінімальній зимовій витраті води;
- найбільшої каламутності при найбільшій витраті води, яка відповідає даному періоду за формулою

$$F_{\text{пр}} = \frac{q \cdot K_{\text{р.в}}}{3,6 \cdot V_{\text{пр}}}, \quad (5.27)$$

де  $q$  – розрахункові витрати води для періодів максимального та мінімального зимового добового водоспоживання,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$K_{\text{р.в}}$  – коефіцієнт розподілу води між зонами прояснення та відділення осаду (осадоушільнювачем). Приймається згідно [21, табл. 20] (табл.5.3);

Націл 5. Відстійники та прояснювачі з завислим шаром осаду

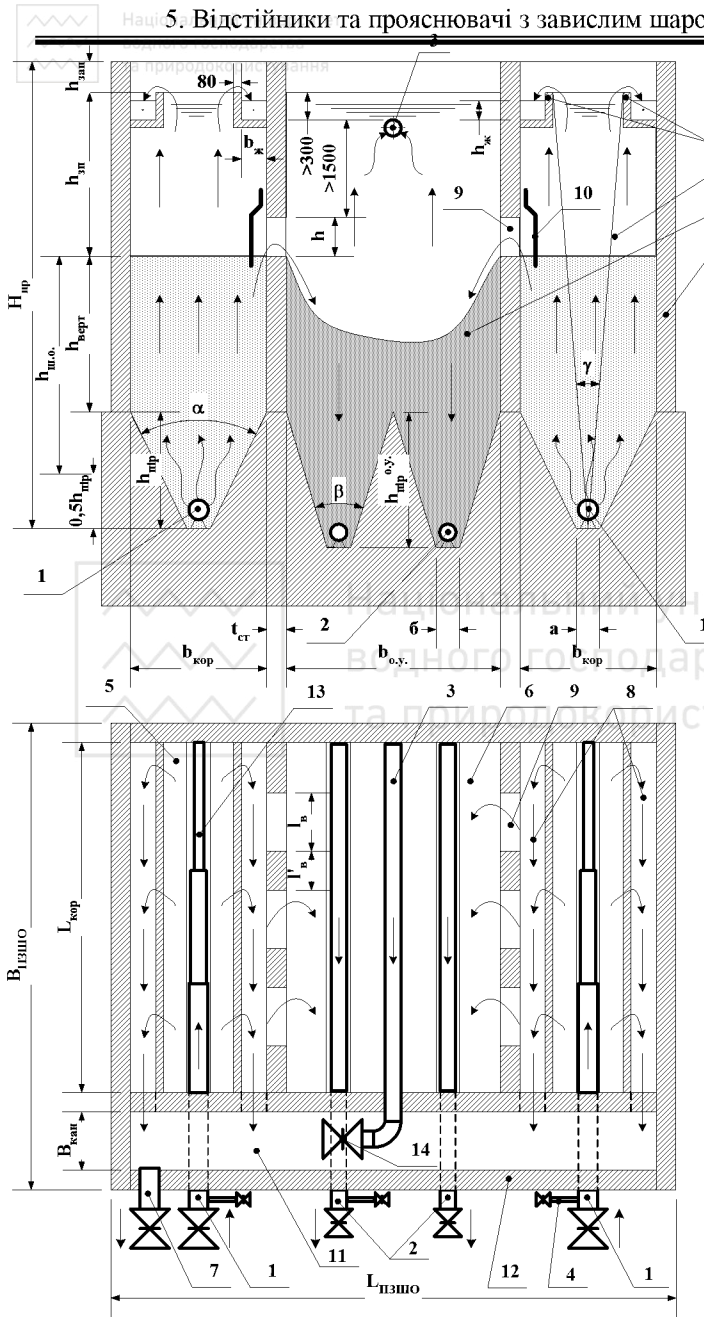


Рис. 5.2. Схе-  
ма прояс-  
нювача з  
завислим  
шаром оса-  
ду коридор-  
ного типу

1 – трубопровід  
подачі води; 2 –  
трубопровід ви-  
далення оса-  
ду; 3–трубопро-  
від відведення  
проясненої води  
з осадощіль-  
нювача;  
4 – трубопро-  
від спорожнен-  
ня; 5 - зона про-  
яснення; 6 – зо-  
на відділення  
осаду; 7 – трубо-  
провід відведен-  
ня проясненої  
води на швидкі  
фільтри;  
8 - жолоб;  
9 – осадоприй-  
мальні вікна; 10  
– захисний кози-  
рьок; 11 – збір-  
ний канал; 12 –  
залізобетонний  
корпус;  
13 – телеско-  
пічна труба; 14 -  
засувка



$V_{пр}$  - швидкість висхідного потоку в зоні прояснення, мм/с. Приймається згідно [21, табл. 20] та табл.5.3).

Згідно [21] площа зони накопичення осаду,  $m^2$ , визначається

$$F_{від} = \frac{q \cdot (1 - K_{р.в.})}{3,6 \cdot V_{пр}} \quad (5.28)$$

Таблиця 5.3

**Швидкість висхідного потоку  $V_{пр}$  і коефіцієнт розподілу  $K_{р.в.}$  для прояснювачів з завислим шаром осаду**

Каламутність вихідної води, мг/л	Швидкість висхідного потоку в зоні прояснення, мм/с		Коефіцієнт розподілу води
	В зимовий період	В літній період	
50...100	0,5...0,6	0,7...0,8	0,7...0,8
100...400	0,6...0,8	0,8...1,0	0,8...0,7
400...1000	0,8...1,0	1,0...1,1	0,7...0,65
1000...1500	1,0...1,2	1,1...1,2	0,64...0,6

*Примітка. Нижні значення швидкості вказані для господарсько-питних водопроводів.*

Загальна площа прояснювача,  $m^2$

$$F = F_{пр}^{max} + F_{від}^{max} \quad (5.29)$$

де  $F_{пр}^{max}$ ,  $F_{від}^{max}$  - відповідно, максимальні значення площ зони прояснення та зони відділення,  $m^2$ .

Кількість ПЗШО приймається з умови, щоб площа одного ПЗШО не перевищувати 100-150  $m^2$ . При кількості ПЗШО менше 6, необхідно передбачати один резервний [21, п.6.89].

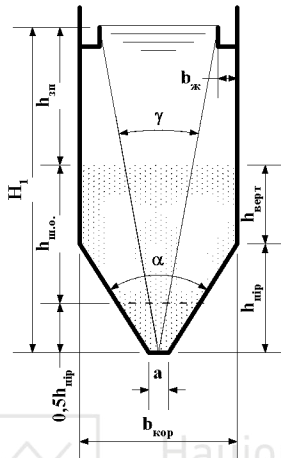
Тоді розрахункова площа одного ПЗШО,  $m^2$

$$F_1 = F / N \quad (5.30)$$





де  $N$  – кількість робочих ПЗШО, шт.



**Рис. 5.3.** Схема до розрахунку ширини коридору зони прояснення

З рис. 5.3 висоту ПЗШО від низу до верху жолобів, м, можна визначити за виразами

$$H_1 = (0,5 \cdot b_{\text{кор}} - b_{\text{ж}}) / \text{tg}(\gamma/2) \quad , \quad (5.31)$$

$$H_1 = h_{\text{з.п.}} + h_{\text{верт}} + h_{\text{пір}} \quad , \quad (5.32)$$

де  $b_{\text{ж}}$  - ширина жолобу, м, яка визначається за формулою 5.46;

$\gamma$  - кут розходження струменя, град. Приймається не більше  $30^\circ$ ;

$h_{\text{з.п.}}$  = 2-2,5 м – висота зони прояснення, [21, п.6.79];

$h_{\text{верт}}$  – висота вертикальної частини зони прояснення від похилих стінок до низу осадоприймальних вікон, м,  $h_{\text{верт}}$ =1-1,5 м, [21, п.6.79];

$h_{\text{пір}}$  - висота пірамідальної частини коридору зони прояснення, м;

$b_{\text{кор}}$  - ширина коридору зони прояснення, м, визначається з виразу

$$b_{\text{кор}} = 2 \cdot h_{\text{пір}} \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} + a \quad , \quad (5.33)$$

де  $a = 0,3 - 0,5$  м - ширина дна пірамідальної частини коридору (за умови розміщення дірчастої труби);



$\alpha=60-70^\circ$  – кут між похилими стінками пірамідальної частини, [21, п.6.79].

Прирівнявши (5.31) та (5.32) з урахуванням (5.33), отримаємо рівність

$$(0,5 \cdot (2 \cdot h_{\text{пір}} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + a) - b_{\text{ж}}) / \text{tg}(\gamma/2) = h_{\text{з.п.}} + h_{\text{верт}} + h_{\text{пір}}, \quad (5.34)$$

з якої визначимо  $h_{\text{пір}}$

$$h_{\text{пір}} = \frac{(h_{\text{з.п.}} + h_{\text{верт}}) \cdot \text{tg}(\gamma/2) + b_{\text{ж}} - a/2}{\text{tg}(\alpha/2) - \text{tg}(\gamma/2)}. \quad (5.35)$$

Після визначення  $h_{\text{пір}}$ , необхідно перевірити умову, щоб висота шару завислого осаду, рахуючи до середини висоти пірамідальної частини, становила  $h_{\text{ш.о.}} = 2,0 \dots 2,5$  м, [21, п.6.79]

Довжина коридору зони прояснення, м

$$L_{\text{кор}} = \frac{F_{\text{пр}}}{n_{\text{кор}} \cdot N \cdot b_{\text{кор}}}, \quad (5.36)$$

де  $n_{\text{кор}}=2$  шт – кількість коридорів зони прояснення.

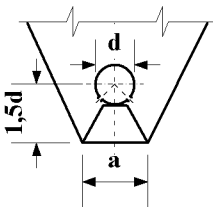


Рис.5.4. Схема влаштування дірчастих розподільних труб

Ширина осадующільнювача (зони відділення), м

$$b_{0,y} = \frac{F_{\text{від}}}{N \cdot L_{0,y}}, \quad (5.37)$$

де  $L_{0,y}$  - довжина осадующільнювача, м.

Приймається  $L_{0,y} = L_{\text{кор}}$ .

Загальна висота ПЗШО, м

$$H_{\text{пр}} = h_{\text{пір}} + h_{\text{верт}} + h_{\text{з.п}} + h_{\text{зап}} \quad (5.38)$$

де  $h_{\text{зап}} = 0,3$  м – висота будівельного запасу, [21, п.6.79]

Розподіл води по площі прояснення передбачається дірчастими трубами, які укладаються на відстані не більше 3 м одна від одної [21, п.6.82] і розраховуються на максимальну величину витрат води, м<sup>3</sup>/год, які визначаються за формулою

$$q_{\text{кол}} = \frac{q_{\text{г}}}{n_{\text{кор}} \cdot N} \quad (5.39)$$

Дірчасті труби приймаються телескопічної форми з двома - трьома ділянками ( $n_{\text{діл}}$ ). Тоді розрахункові витрати на вході в  $i$ -ту ділянку, л/с

$$q_i = \frac{q_{\text{кол}} \cdot (n_{\text{діл}} + 1 - i)}{3,6 \cdot n_{\text{діл}}}, \quad (5.40)$$

де  $i$  - номер ділянки.

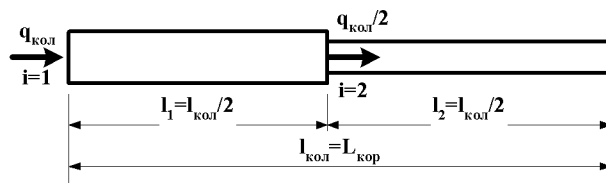


Рис.5.5. Схема до розрахунку діаметрів ділянок дірчастих труб

Діаметри ділянок дірчастих труб приймаються за швидкістю руху води на вході в ділянку 0,5-0,6 м/с [21, п.6.82].

Загальна кількість отворів у водорозподільному колекторі, шт.

$$n_{\text{отв}} = \frac{\sum f_{\text{отв}}}{f_0} = \frac{q_{\text{кол}}}{V_{\text{отв}} \cdot 3600} \cdot \frac{4}{\pi \cdot d_{\text{отв}}^2} \quad (5.41)$$



де  $\sum f_{\text{отв}}$  - загальна площа отворів, м<sup>2</sup>;

$f_0$  – площа одного отвору, м<sup>2</sup>;

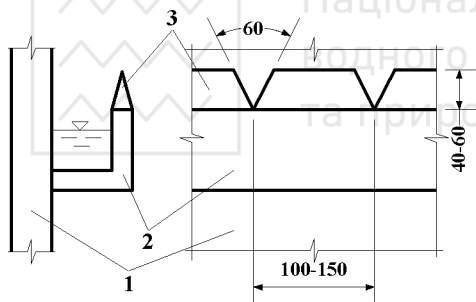
$V_{\text{отв}} = 1,5-2$  м/с – швидкість виходу води із отворів дірчастих труб. [21, п.6.82];

$d_{\text{отв}}$  – діаметр отворів, м. Згідно [21, п.6.82] приймається  $d_{\text{отв}} \geq 25$  мм.

Відстань між отворами, м

$$l = L_{\text{кор}} / n_{\text{отв}} \quad (5.42)$$

Згідно [21, п.6.82] отвори розміщують під кутом 45° до вертикалі по обидві сторони труби в шаховому порядку. При цьому, відстань між отворами не повинна перевищувати 0,5 м.



**Рис.5.6. Схема влаштування водозливів**

1 – стінка прояснювача; 2 – жолоб;

3 – водозлив

Згідно [21, п.6.84] збір проясненої води в зоні прояснення передбачається жолобами з трикутними водозливами висотою 40-60 мм при відстані між осями водозливів  $l_B = 100-150$  мм і куті між кромками водозливів 60°.

Оскільки в кожному з 2 коридорів ПЗШО розташовано  $n_{\text{ж}}=2$  жолоби, то витрати води в жолобі, м<sup>3</sup>/сек будуть становити

$$q_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{р.в.}} \cdot q_c}{N \cdot n_{\text{кор}} \cdot n_{\text{ж}}} \quad (5.43)$$

Кількість водозливів у жолобі, шт

$$n_B = L_{\text{кор}} / l_B \quad (5.44)$$



Витрати води через один водозлив, м<sup>3</sup>/с

$$q_v = q_{ж} / n_v \quad (5.45)$$

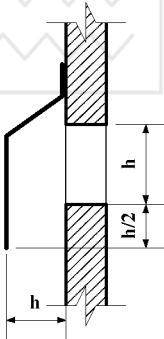
Ширина жолобу прямокутного перерізу, м

$$b_{ж} = 0,9 \cdot q_{ж}^{0,4} \quad (5.46)$$

Глибина води в кінці жолоба, м

$$h_{ж} = \frac{q_{ж}}{b_{ж} \cdot V_{ж}} \quad (5.47)$$

де  $V_{ж} = 0,5-0,6$  м/с – розрахункова швидкість руху води в жолобі, [21, п.6.84].



**Рис. 5.7. Схема влаштування захисного козирка осодо-приймальних вікон**

Витрати води, що надходять в осодоуцілювач разом з надлишком осаду, м<sup>3</sup>/год

$$Q_{вік} = (1 - K_{р.в}) \cdot q_{г} \quad (5.48)$$

З кожного боку в осодоуцілювач буде надходити вода, м<sup>3</sup>/год, в кількості

$$q_{вік} = \frac{Q_{вік}}{n_{кор} \cdot N} \quad (5.49)$$

Загальна площа осодоуцілювачів, м<sup>2</sup>

$$f_{вік} = \frac{q_{вік}}{3,6 \cdot V_{вік}} \quad (5.50)$$

де  $V_{вік} = 10-15$  мм/с – швидкість руху води з осадом в осодоуцілювачах, [21, п.6.83].



Загальна довжина осадоприймальних вікон, м

$$l_{з.в} = f_{вік} / h_{вік} , \quad (5.51)$$

де  $h_{вік} = 0,2$  м – висота вікон.

Кількість вікон в одній перегородці, шт

$$n_{вік} = l_{з.в} / l_{в} , \quad (5.52)$$

де  $l_{в}$  – довжина одного вікна, м. Приймається  $l_{в} \leq 0,5$  м.

Відстань між осями вікон, м



$$e_{в} = L_{кор} / n_{вік} . \quad (5.53)$$

Відстань між краями сусідніх вікон, м

$$l'_{в} = e_{в} - l_{в} . \quad (5.54)$$

Згідно [21, п.6.85] збір проясненої води із осадощільнювача передбачають затопленими дірчастими трубами, верх яких повинен бути розташований не менше ніж на 0,3 м нижче рівня води в ПЗШО і не менше ніж на 1,5 м вище верху осадоприймальних вікон.

Витрати води через одну трубу, м<sup>3</sup>/с

$$q_{зб} = \frac{(1 - K_{р.в}) \cdot q_c}{N \cdot n_T} - \frac{q_{ос}}{3600 \cdot n_T} , \quad (5.55)$$

де  $n_T$  1-2 шт - кількість дірчастих труб,

$q_{ос}$  – витрати води під час скидання осаду, м<sup>3</sup>/год

$$q_{ос} = \frac{q_r \cdot K_p (C_v - m)}{N \cdot \delta_{сеп}} , \quad (5.56)$$

де  $K_p$  1,2-1,5 – коефіцієнт розведення осаду під час його видалення;

$M$  =8-15 мг/л – кількість завислих речовин, яка поступає на швидкий фільтр;

$\delta_{сер}$  – середня концентрація завислих речовин, яка знаходиться в осадоушільнювачі, мг/л. Приймається за [21, табл. 19] або табл.5.2, при цьому час ущільнення приймають не менше 6 год при відсутності на станції окремих згущувачів.

Діаметр труб для відведення води приймається за швидкістю руху води в них, але не більше 0,5 м/с [21, п.6.85].

Загальна площа отворів в одній трубі,  $m^2$

$$\sum f_o = q_{зб} / V_{вх} \quad , \quad (5.57)$$

де  $V_{вх}$  – швидкість входження води в отвори, м/с. Згідно [21, п.6.85]  $V_{вх} \geq 1,5$  м/с.

Кількість отворів, шт

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_{1o}} = \frac{4 \cdot \sum f_o}{\pi \cdot d_o^2} \quad , \quad (5.58)$$

де  $f_{1o}$  – площа одного отвору,  $m^2$ ;

$d_o$  = 15-20мм – діаметр отвору, [1, п.6.85].

Відстань між центрами отворів, м, визначається за формулою

$$e_o = L_{кор} / n_o \quad . \quad (5.59)$$

Об'єм осадоушільнювача (до низу перепускних вікон),  $m^3$

- при одній осадовідвідній трубі

$$W_{o.y} = L_{o.y} \cdot [b_{o.y} \cdot h_{верт} + 0,5(b_{o.y} + \delta) \cdot h_{нір}^{o.y}] \quad , \quad (5.60)$$



- при двох осадовідвідних трубах

$$W_{o,y} = L_{o,y} [b_{o,y} \cdot h_{\text{верт}} + (b_{o,y} / 2 + \delta) \cdot h_{\text{пір}}^{o,y}] , \quad (5.61)$$

де  $\delta = 0,3-0,5$  м – ширина дна пірамідальної частини осадощільнювача.

$h_{\text{пір}}^{o,y}$  - висота пірамідальної частини осадощільнювача, м

- при одній осадовідвідній трубі

$$h_{\text{пір}}^{o,y} = 0,5 \cdot (b_{o,y} - \delta) / \text{tg}(\beta / 2) , \quad (5.62)$$



- при двох осадовідвідних трубах

$$h_{\text{пір}}^{o,y} = 0,5 \cdot (b_{o,y} / 2 - \delta) / \text{tg}(\beta / 2) , \quad (5.63)$$

де  $\beta = 70^\circ$  – кут між похилими стінками осадощільнювача, [21, п.6.88].

Кількість осаду, який надходить в осадощільнювач, кг/год

$$Q_{oc} = \frac{(C_B - m) \cdot q_{\Gamma}}{1000 \cdot N} . \quad (5.64)$$

Тривалість перебування осаду в осадощільнювачі, год

$$T = \frac{W_{o,y} \cdot \delta_{\text{сер}}}{1000 \cdot Q_{oc}} . \quad (5.65)$$

Тривалість перебування осаду в осадощільнювачі, розрахована за (5.65), повинна бути не менше за раніше прийняту (5.56).





Для видалення осаду з осадощільнювача використовуються дірчасті труби діаметром не менше 150 мм та відстанню між ними не більше 3 м [21, п.6.87].

Витрати води через осадовідвідну трубу,  $\text{м}^3/\text{с}$

$$q_{\text{ос}} = \frac{W_{0,y}}{60 \cdot n \cdot t} \quad , \quad (5.66)$$

де  $n$  – кількість осадовідвідних труб, шт.;

$t = 15-20$  хв – час видалення осаду, що накопичився, [21, п.6.87].

Діаметр осадовідвідних труб приймається по швидкості руху води в них не менше 1 м/с [21, п.6.87].

Загальна площа отворів в одній трубі,  $\text{м}^2$

$$\sum f_o = \frac{q_{\text{ос}}}{V_o} \quad , \quad (5.67)$$

де  $V_o$  – середня швидкість руху осаду в отворах осадовідвідних труб, м/с. Згідно [21, п.6.87]  $V_o \leq 3$  м/с.

Площа одного отвору,  $\text{м}^2$ , визначається за формулою

$$f_{1o} = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \quad , \quad (5.68)$$

де  $d_o$  – діаметр отвору, м. Згідно [21, п.6.87]  $d_{\text{отв}} \geq 20$  мм.

Загальна кількість отворів в осадовідвідній трубі, шт., визначається за формулою

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_{1o}} \quad . \quad (5.69)$$

Крок між отворами [21, п.6.87], м



$$e_o = L_{\text{кор}} / n_o \leq 0,5 \text{ м} \quad . \quad (5.70)$$

Довжина одного ПЗШО, м

$$L_{\text{ПЗШО}} = 2 \cdot b_{\text{кор}} + b_{o,y} + 4 \cdot t \quad , \quad (5.71)$$

де  $t = 0,2$  м - товщина стінки.

Загальна ширина ПЗШО, м

$$B_{\text{пзшо}} = L_{\text{кор}} + B_{\text{кан}} + 3 \cdot t_{\text{ст}} \quad . \quad (5.72)$$

Діаметр трубопроводу відведення проясненої води приймається за швидкістю руху води  $V = 0,8-1,2$  м/с і витратами, л/с, які проходять через один ПЗШО.

Глибина води в збірному каналі, м

$$h_{\text{з.к.}} = \frac{q_{\text{Г}}}{N \cdot B_{\text{кан}} \cdot V_{\text{кан}}} \quad , \quad (5.73)$$

де  $q_{\text{Г}}$  - годинна продуктивність водоочисної станції, м<sup>3</sup>/с;

$B_{\text{кан}}$  – ширина збірного каналу, м. Приймається  $B_{\text{кан}} \geq 0,7$  м;

$V_{\text{кан}} = 0,5$  м/с – швидкість руху води в збірному каналі.

Відстань від верху осадоприймального вікна до низу збірного каналу, м

$$H_{\text{з.к.}} = h' - d_{\text{в.о.}} - H_{\text{п}} - h_{\text{з.к}} \quad . \quad (5.74)$$

де  $h' \geq 1,5$  м - відстань від верху осадоприймального вікна до верху дірчастої труби для збору та відведення проясненої води, м

$d_{\text{в.о.}}$  - діаметр дірчастої труби для збору та відведення проясненої води, м;

$H_{\Pi}$  - перепад відміток між верхом дірчастої труби для збору та відведення проясненої води, яка виходить з осадующільнювача, та рівнем води в збірному каналі, м. Згідно [21, п.6.85] приймається  $H_{\Pi} \geq 0,4$  м;

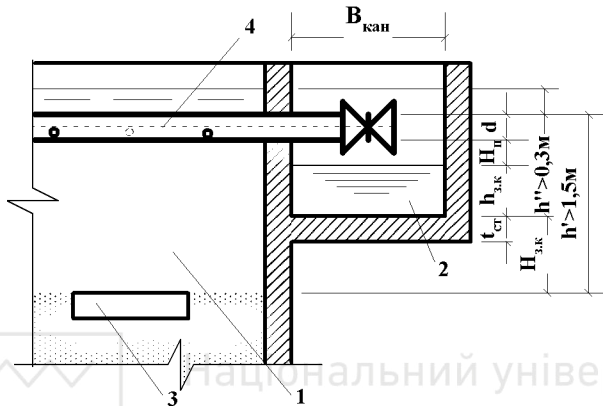


Рис.5.8. Схема до розрахунку відстані від верху осадоприймального вікна до низу збірного каналу

1 – осадующільнювач (зони відділення); 2 - збірний канал; 3 – осадоприймальне вікно; 4 – дірчата труба для збору та відведення проясненої води.

Для повного спорожнення ПЗШО в кожній секції передбачається спускний трубопровід.

**Приклад.** Розрахувати прояснювачі з завислим шаром осаду коридорного типу.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність водоочисних споруд взимку  $q_3 = 330 \text{ м}^3/\text{год.}$ , влітку –  $q_{\text{л}} = 480 \text{ м}^3/\text{год.}$ ; максимальна каламутність вихідної води  $M_{\text{макс}} = 500 \text{ мг/л}$ , мінімальна –  $M_{\text{мін}} = 120 \text{ мг/л}$  кольоровість  $\Pi = 80 \text{ град}$ , доза неочищеного сірчаноокислого алюмінію  $D_{\text{к}} = 50 \text{ мг/л}$ , ватно не вводиться.

**Розрахунок.** Максимальна концентрація завислих речовин, які надходять у ПЗШО

$$C_B = 500 + 1 \cdot 50 + 0,25 \cdot 70 + 0 = 570 \text{ мг / л.}$$

Згідно табл.5.3 приймаємо швидкість висхідного потоку в зоні прояснення влітку  $V_{\text{пр}}^I = 1 \text{ мм / с}$  ( $K_{\text{р.в}}^I = 0,65$ ), взимку -

$V_{\text{пр}}^3 = 0,6 \text{ мм / с}$  ( $K_{\text{р.в}}^3 = 0,7$ ). Загальна площа зони прояснення

$$\text{влітку } F_{\text{пр}}^I = \frac{480 \cdot 0,65}{3,6 \cdot 1} = 87 \text{ м}^2, \text{ взимку - } F_{\text{пр}}^3 = \frac{330 \cdot 0,7}{3,6 \cdot 0,6} = 107 \text{ м}^2.$$

$$\text{Площа зони відділення осаду влітку } F_{\text{від}}^I = \frac{480 \cdot (1 - 0,65)}{3,6 \cdot 1} = 47 \text{ м}^2,$$

$$\text{взимку - } F_{\text{від}}^3 = \frac{330 \cdot (1 - 0,7)}{3,6 \cdot 0,6} = 46 \text{ м}^2.$$

Отже, загальна площа прояснювача  $F = 107 + 47 = 154 \text{ м}^2$ .

Приймаємо кількість робочих ПЗШО  $N = 2$  шт та один резервний. Розрахункова площа одного ПЗШО  $F_1 = 154 / 2 = 77 \text{ м}^2$ .

Витрати проясненої води в одному жолобі (5.43)

$$q_{\text{ж}} = \frac{0,65 \cdot 480}{3600 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2} = 0,011 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Ширина жолобу прямокутного перерізу  $b_{\text{ж}} = 0,9 \cdot 0,011^{0,4} = 0,15 \text{ м.}$

Глибина води в кінці жолоба  $h_{\text{ж}} = 0,011 / (0,15 \cdot 0,5) = 0,15 \text{ м.}$

Прийнявши висоту зони прояснення  $h_{\text{з.п.}} = 2,1 \text{ м}$ , висоту вертикальної частини зони прояснення від похилих стінок до низу осадоприймальних вікон  $h_{\text{верт}} = 1,1 \text{ м}$ , кут розходження струменя  $\gamma = 30^\circ$ , ширину дна пірамідальної частини коридору  $a = 0,4 \text{ м}$ , кут між похилими стінками пірамідальної частини  $\alpha = 70^\circ$ , отримаємо висоту пірамідальної частини коридору зони прояснення

$$h_{\text{пір}} = \frac{(2,1 + 1,1) \cdot \text{tg}(30 / 2) + 0,15 - 0,4 / 2}{\text{tg}(70 / 2) - \text{tg}(30 / 2)} = 1,9 \text{ м.}$$

Тоді, висота шару завислого осаду, рахуючи до середини висоти



пірамідальної частини, становитиме  $h_{ш.о.} = 1,1 + 1,9/2 = 2,05$  м, що відповідає вимогам [21, п.6.79]. Ширина коридору зони прояснення

$$b_{кор} = 2 \cdot 1,9 \cdot \operatorname{tg}(70/2) + 0,4 = 3 \text{ м.}$$

Довжина коридору зони прояснення  $L_{кор} = 107 / (2 \cdot 2 \cdot 3) = 9$  м.

Кількість водозливів у жолобі  $n_b = 9 / 0,15 = 60$  шт.

Витрати води через один водозлив  $q_b = 0,011 / 60 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Ширина осадуючільноговача (зони відділення)  $b_{о.у} = 47 / (2 \cdot 9) = 2,6$  м.

Загальна висота ПЗШО  $H_{пр} = 1,9 + 1,1 + 2,1 + 0,3 = 5,4$  м.

Розподіл води по площі прояснення передбачаємо дірчастими трубами телескопічної форми з двома ділянками ( $n_{діл} = 2$  шт) та розрахунковими витратами води  $q_k = 480 / (2 \cdot 2) = 120 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

Розрахункові витрати на вході в першу ділянку становлять

$$q_1 = 120 \cdot (2 + 1 - 1) / (3,6 \cdot 2) = 33,3 \text{ л / с,}$$

в другу -

$$q_2 = 120 \cdot (2 + 1 - 2) / (3,6 \cdot 2) = 16,7 \text{ л / с.}$$

Діаметр першої ділянки приймаємо  $D_y = 250$  мм,  $V_p = 0,62$  м/с, а другої –  $D_y = 200$  мм,  $V_p = 0,50$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91). Приймавши діаметр отворів  $d_o = 0,025$  м та швидкість виходу води із отворів  $V_o = 1,8$  м/с, загальна кількість отворів у водорозподільному колекторі (дірчастих трубах) становитиме  $n_o = 4 \cdot 120 / (1,7 \cdot 3600 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2) = 40$  шт.

Відстань між отворами  $l = 9 / 40 = 0,23$  м, що не перевищує 0,5 м. Витрати води, що надходять в осадуючільнийвач разом з надлишком осаду  $Q_{вік} = (1 - 0,65) \cdot 480 = 168 \text{ м}^3 / \text{год}$ . З кожного боку в осадуючільнийвач буде надходити вода в кількості

$$q_{вік} = 168 / (2 \cdot 2) = 42 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Загальна площа осадоприймальних вікон  $f_{вік} = 42 / (3,6 \cdot 12) = 0,97 \text{ м}^2$ .

Загальна довжина осадоприймальних вікон  $l_{з.в.} = 0,97 / 0,2 = 4,85$  м.

Приймавши довжину одного вікна  $l_b = 0,4$  м, кількість вікон в одній перегородці становитиме  $n_{вік} = 4,85 / 0,4 = 12$  шт. Фактична довжина вікна  $h_{вік} = 4,85 / 12 = 0,404$  м.

Відстань між осями вікон  $e_b = 9/12 = 0,75$  м. Відстань між краями сусідніх вікон  $l'_b = 0,75 - 0,404 = 0,346$  м.

Збір проясненої води із осадощильнювача передбачаємо затопленими дірчастими трубами. Витрати води під час скидання осаду

$$q_{oc} = \frac{480 \cdot 1,3(570 - 10)}{2 \cdot 50000} = 3,5 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Прийнявши кількість дірчастих труб  $n_{д.г} = 2$  шт, витрати води через одну трубу становитимуть  $q_{зб} = \frac{(1 - 0,65) \cdot 480}{3600 \cdot 2 \cdot 2} - \frac{3,5}{3600 \cdot 2} = 0,011 \text{ м}^3 / \text{с.}$

Діаметр труб для відведення води приймаємо  $D_y = 175$  мм,  $D_{зоб}(d_{в.о.}) = 180$  мм,  $V_p = 0,48$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91). Загальна площа отворів в одній трубі

$$\sum f_o = 0,011 / 1,6 = 0,0069 \text{ м}^2.$$

Прийнявши діаметр отворів  $d_o = 0,02$  м, їх кількість становитиме  $n_o = 4 \cdot 0,0069 / (3,14 \cdot 0,02^2) = 22$  шт.

Відстань між центрами отворів  $e_o = 9/22 = 0,4$  м.

При двох осадовідвідних трубах висота пірамідальної частини осадощильнювача  $h_{шп}^{o,y} = 0,5 \cdot (2,6/2 - 0,35) / \text{tg}(70/2) = 0,7$  м.

Об'єм осадощильнювача (до низу перепускних вікон)

$$W_{o,y} = 9[2,6 \cdot 1,1 + (2,6/2 + 0,35) \cdot 0,7] = 36 \text{ м}^3.$$

Кількість осаду, який надходить в осадощильнювач

$$Q_{oc} = (570 - 10) \cdot 480 / (10^3 \cdot 2) = 134 \text{ кг / год.}$$

Тривалість перебування осаду в осадощильнювачі  $T = \frac{36 \cdot 50000}{1000 \cdot 134} =$

**13,4 год**, що перевищує раніше прийняту (12 год). Прийнявши час видалення осаду  $t = 15$  хв, витрати води через осадовідвідну трубу

становитимуть  $q_{oc} = \frac{36}{60 \cdot 2 \cdot 15} = 0,02 \text{ м}^3 / \text{с.}$

Діаметр осадовідвідних труб приймаємо  $D_y = 150$  мм,  $V_p = 1,02$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91). Прийнявши



середню швидкість руху осаду в отворах осадовідвідних труб  $V_o=3$  м/с,

загальна площа отворів в одній трубі  $\sum f_o = 0,02 / 3 = 0,007 \text{ м}^2$ .

Прийнявши діаметр отворів  $d_o=20$  мм, площа одного отвору становитиме  $f_o = 3,14 \cdot 0,02^2 / 4 = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

Загальна кількість отворів в осадовідвідній трубі

$$n_o = 0,007 / 3,1 \cdot 10^{-4} = 23 \text{ шт.}$$

Крок між отворами  $e_o = 9 / 23 = 0,41 \text{ м} < 0,5 \text{ м}$ .

Довжина одного ПЗШО  $L_{\text{ПЗШО}} = 2 \cdot 3 + 2,6 + 4 \cdot 0,2 = 9,4 \text{ м}$ .

Глибина води в збірному каналі  $h_{з,к} = 480 / (3600 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 0,5) = 0,19 \text{ м}$ .

Відстані від верху осадоприймального вікна до низу збірного каналу

$$H_{з,к} = 1,5 - 0,18 - 0,4 - 0,19 = 0,73 \text{ м.}$$

Загальна ширина ПЗШО  $B_{\text{ПЗШО}} = 9 + 0,7 + 3 \cdot 0,2 = 10,3 \text{ м}$ .

Витрати води, які проходять через трубопровід відведення проясненої води  $q = 480 / (3,6 \cdot 2) = 66,7 \text{ л/с}$ , а діаметр цього трубопроводу  $D_y=300$  мм,  $V_p=0,87$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91). Для повного спорознення ПЗШО в кожній секції передбачаємо спускний трубопровід діаметром 80 мм.

### 5.3. Горизонтальні відстійники

Згідно [21, п.6.67] загальна площа відстійників в плані,  $\text{м}^2$ , визначається за формулою

$$F_{\text{від}} = \frac{\alpha \cdot q_{\Gamma}}{3,6 \cdot u_0}, \quad (5.75)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт об'ємного використання відстійника. Приймається  $\alpha=1,3$ ;

$q_{\Gamma}$  - повна годинна продуктивність водоочисної станції,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;



$u_0$  - швидкість випадання зависі, мм/с, яка приймається згідно [21, табл. 18] або табл.5.1.

При використанні вбудованих камер пластівцеутворення з шаром завислого осаду, розрахункову швидкість осідання зависі у відстійниках при обробці каламутних вод необхідно приймати більшою на 20%, а при обробці вод середньої каламутності на 15% більшою, ніж вказано в таблиці 5.1.

Згідно [21, п. 6.68] довжина відстійника, м

$$L = \frac{H_{\text{cp}} \cdot V_{\text{cp}}}{u_0}, \quad (5.76)$$

де  $H_{\text{cp}} = 3,0-3,5$  м - середня висота зони осідання;

$V_{\text{cp}}$  - розрахункова швидкість горизонтального руху води на початку відстійника, мм/с. Для малокаламутних вод  $V_{\text{cp}} = 6-8$  мм/с, для середньокаламутних вод -  $V_{\text{cp}} = 7-10$  мм/с, для каламутних вод -  $V_{\text{cp}} = 9-12$  мм/с.

Загальна ширина відстійника, м

$$B = \frac{F_{\text{від}}}{L}. \quad (5.77)$$

Відстійник повинен бути розділений повздовжніми перегородками на самостійні секції. Приймавши ширину однієї секції  $B_1 = 3 - 6$  м, загальна кількість секцій, шт

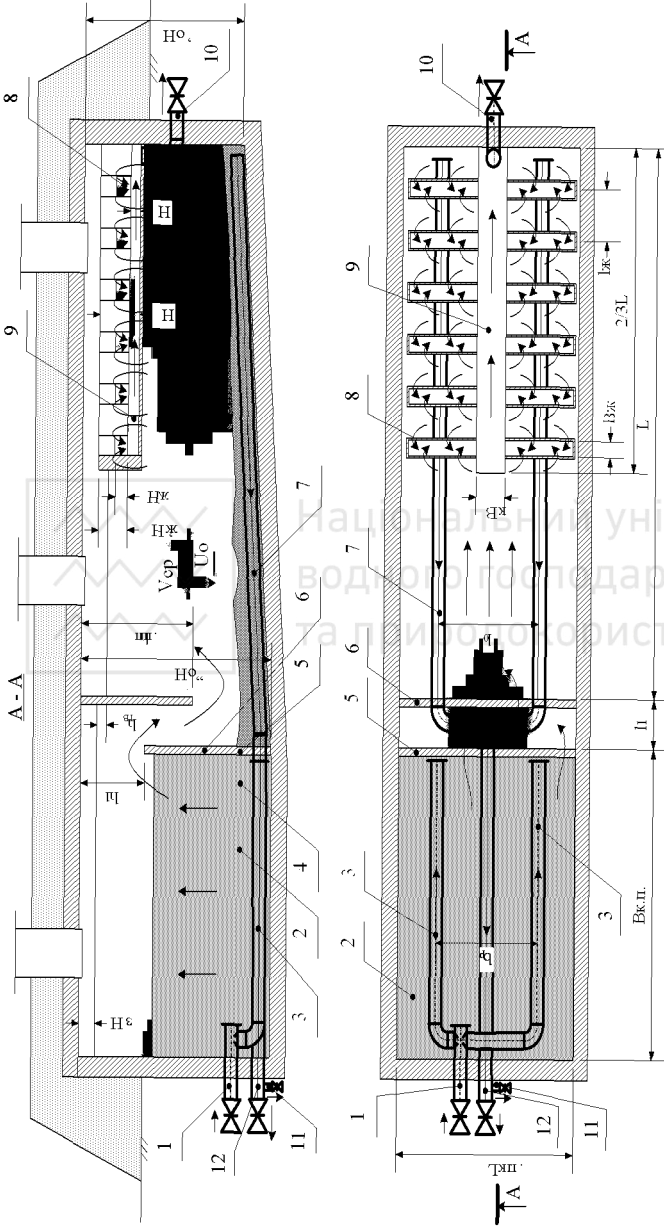
$$N = \frac{B}{B_1}. \quad (5.78)$$

Згідно [21, п. 6.65] при кількості секцій до 6 шт. передбачають одну резервну.





## 5. Відстійники та прояснювачі з завислим шаром осаду



**Рис.5.9. Схема горизонтального відстійника з камерою пластівцевутворення**

1 – трубопровід подачі вихідної води; 2– камера пластівцевутворення; 3 – перфорований розподільний трубопровід; 4 – шар завислого осаду; 5 – стінка; 6 – підвісна перегородка; 7 – труборізд відведення осаду з відстійника; 8 – жолоби для збору проясненої води; 9 – канал відведення проясненої води; 10 – ввідний труборізд проясненої води; 11 – труборізд від спорожнення камери пластівцевутворення; 12 – труборізд відведення осаду



Згідно [21, п. 6.65] об'єм зони накопичення і ущільнення осаду,  $m^3$

$$W_{з.н.} = \frac{q_{г} \cdot (C_{в} - m) \cdot T_{р}}{N \cdot \delta} , \quad (5.79)$$

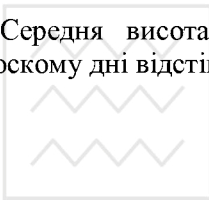
де  $\delta$  - середня по всій висоті осадової частини концентрація твердої фази осаду,  $г/м^3$ . Приймається згідно [21, табл. 19] або таблиці 5.2;

$C_{в}$  - концентрація завислих речовин у воді, яка надходить у відстійник,  $г/м^3$ , визначається за (5.10);

$m = 8 - 15$   $г/м^3$  - каламутність води на виході з відстійника;

$T_{р}$  - період роботи відстійника між видаленнями осаду, год. Згідно [21, п.6.70]  $T_{р} \geq 12$  год.

Середня висота зони накопичення та ущільнення осаду при плоскому дні відстійника, м



$$H_{з.н.} = \frac{W_{з.н.}}{B_1 \cdot L} . \quad (5.80)$$

Висота відстійника, м

- на початку

$$H_0' = H_{ср} + H_{з.н.} + 0,5 \cdot i \cdot L + H_3 , \quad (5.81)$$

- в кінці

$$H_0'' = H_{ср} + H_{з.н.} - 0,5 \cdot i \cdot L + H_3 , \quad (5.82)$$

де  $i$  - уклон дна відстійника. Згідно [21, п. 6.74] при гідравлічному видаленні осаду  $i \geq 0,005$ ;

$H_3$  - перевищення будівельної висоти на розрахунковим рівнем води, м. Згідно [21, п. 6.73]  $H_3 \geq 0,3$  м.

Видалення осаду з відстійника здійснюється механічним або гідравлічним способом без виключення подачі води у нього. У випадку прояснення каламутної води з утворенням малорухливого осаду передбачають гідравлічну систему змивання осаду з періодичним відключенням подачі води у відстійник. Для змиву стін та днища відстійників потрібно передбачати трубопровід із запірною арматурою для приєднання шлангів. При періодичному видаленні осаду з відстійника за допомогою дірчастих труб, їх кількість, шт., визначається

$$n = \frac{B_1}{l_0} \quad , \quad (5.83)$$

де  $l_0$  - відстань між трубами, м. Згідно [21, п. 6.71] при плоскому дні  $l_0 \leq 2$  м, при призматичному дні  $l_0 \leq 3$  м.

Діаметр труб для скиду осаду визначається виходячи зі швидкості руху осаду в кінці труби  $V_c \geq 1$  м/с, та витрати, м<sup>3</sup>/с, яка визначається за формулою

$$Q_{oc} = \frac{K_p \cdot W_{з.п.}}{60 \cdot n \cdot \tau_c} \quad , \quad (5.84)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт, який враховує розбавлення осаду, при гідравлічному видаленні осаду  $K_p = 1,5$ , [21, п. 6.74];

$\tau_c = 20-30$  хв - тривалість скиду осаду, [21, п. 6.71].

Площа отворів на одній трубі збірної системи осаду, м<sup>2</sup>, визначається за формулою

$$F_0 = \frac{Q_{oc}}{V_0} \quad , \quad (5.85)$$

де  $V_0 = 1,5-2$  м/с - швидкість руху осаду в отворах, [21, п. 6.71].



Загальна кількість отворів в одній трубі, шт

$$n_0 = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_0^2} , \quad (5.86)$$

де  $d_0$  - діаметр одного отвору, м. Згідно [21, п. 6.71]  $d_0 \geq 25 \text{ мм} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Відстань між осями отворів, м

$$l_0 = \frac{L}{n_0} , \quad (5.87)$$

і повинна знаходитися в межах  $l_0 = 300-500 \text{ мм}$  [21, п. 6.71]. Отвори розташовуються в шаховому порядку вниз, під кутом  $45^\circ$  до осі труби. На початку труби передбачають отвір діаметром не менше 15 мм для видалення повітря.

Втрати напору в перфорованих трубах збірної системи видалення осаду, м

$$h = \xi \frac{V_0^2}{2 \cdot g} , \quad (5.88)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт гідравлічного опору, який визначається згідно [21, п. 6.86] за формулою

$$\xi = \frac{3,3}{K_{\Pi}^{1,8}} , \quad (5.89)$$

де  $K_{\Pi}$  - коефіцієнт перфорації труби, який визначається за формулою

$$K_{\Pi} = \frac{F_0}{F_{oc}} = \frac{4F_0}{\pi \cdot d_{oc}^2} , \quad (5.90)$$



де  $F_{oc}$  - площа поперечного перерізу труби для видалення осаду,  $m^2$ ;

$d_{oc}$  - розрахунковий діаметр труби для видалення осаду, м.

Згідно [21, п. 6.75] збір проясненої води передбачається системою горизонтально розташованих дірчастих труб або жолобів з затопленими отворами або трикутними водозливами, які розташовуються на ділянці 2/3 довжини відстійника. Швидкість руху проясненої води в кінці жолобів та труб приймається  $V_{ж} = 0,6-0,8$  м/с, в отворах –  $V_0 = 1$  м/с.

При використанні жолобів, площа живого перерізу в кінці збірною жолоба,  $m^2$



$$F_{ж} = \frac{q_c}{N \cdot n_{ж} \cdot V_{ж}}, \quad (5.91)$$

де  $n_{ж}$  - кількість жолобів (парне число), шт.

$$n_{ж} = 2 \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot L \right) / l_{ж} = \frac{4 \cdot L}{3 \cdot l_{ж}}, \quad (5.92)$$

де  $l_{ж}$  - відстань між осями жолобів, м. Згідно [21, п. 6.75]  $l_{ж} \leq 3$  м.

Ширина жолоба, м

$$b_{ж} = \frac{\sqrt{F_{ж}}}{a}, \quad (5.93)$$

де  $a = 1.5$  - відношення робочої висоти жолоба до його ширини.

Робоча висота жолоба, м

$$H_{ж} = a \cdot b_{ж}. \quad (5.94)$$



Загальна площа отворів в жолобах, м<sup>2</sup>

$$F_0 = \frac{q_c}{N \cdot V_0} \quad (5.95)$$

Кількість отворів в жолобах (кратна кількості жолобів), шт.

$$n_0 = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_0^2} \quad (5.96)$$

де  $d_0$  - діаметр отворів в жолобах, м. Згідно [21, п. 6.75]

$$d_0 \geq 25 \text{ мм} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Площа поперечного перерізу збірної каналу наприкінці, м<sup>2</sup>



$$F_K = \frac{q_c}{N \cdot V_K} \quad (5.97)$$

де  $V_K = 0,6-0,8$  м/с - швидкість руху води в кінці збірної каналу, м/с.

Ширина збірної каналу, м

$$B_K = \frac{\sqrt{F_K}}{a'} \quad (5.98)$$

де  $a' = 1,5$  - відношення робочої висоти збірної каналу до його ширини.

Робоча висота збірної каналу наприкінці, м

$$H_K = a' \cdot B_K \quad (5.99)$$

Відстань між отворами в збірних жолобах, м



$$l_0 = \frac{n_{\text{ж}} \cdot (B_1 - B_{\text{к}}) - 2 \cdot b_3}{n_0}, \quad (5.100)$$

де  $b_3=0,1$  м - відстань від бокової стінки відстійника до торцевої стінки жолоба.

Втрати напору в збірному жолобі, м

$$h_{\text{ж}} = \xi \frac{V_0^2}{2 \cdot g}, \quad (5.101)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт гідравлічного опору для збірного жолоба з вільною поверхнею води і затопленими отворами, який визначається згідно [21, п. 6.86]



$$\xi = \frac{3,2}{K_{\text{п}}^{1,7} + 3}, \quad (5.102)$$

де  $K_{\text{п}}$  - коефіцієнт перфорації жолобів

$$K_{\text{п}} = \frac{F_0}{n_{\text{ж}} \cdot F_{\text{ж}}}. \quad (5.103)$$

Отвори в жолобах розташовуються на 5-8 см вище його дна, а верх жолобів повинен бути на  $h_3=0,1$  м вище максимального рівня води у відстійнику. Загальна висота жолобів, м, визначається за формулою

$$H'_{\text{ж}} = H_{\text{ж}} + h_{\text{ж}} + h_3, \quad (5.104)$$

Загальна висота збірного каналу, м

$$H'_{\text{к}} = H_{\text{к}} + h_{\text{к}} + H'_{\text{ж}}, \quad (5.105)$$

де  $h_{\text{к}}=0,1$  м - запас висоти на вільний вилів води з жолобів в канал.



Згідно [21, п. 6.53] при горизонтальних відстійниках влаштовують вбудовані камери пластівцеутворення перегородчастого типу, вихрові або з шаром завислого осаду. Камери пластівцеутворення призначені для перемішування води і забезпечення більш повної агломерації дрібних пластівців коагулянту в крупні.

Камери пластівцеутворення з шаром завислого осаду з вертикальними перегородками можуть застосовуватися для вод середньої каламутності та каламутних вод. Площа горизонтального перерізу камери, м<sup>2</sup>

$$F_{\text{к.п.}} = \frac{Q_{\Gamma}}{3.6 \cdot V_{\text{к.п.}} \cdot N_{\text{к.п.}}} , \quad (5.106)$$

де  $N_{\text{к.п.}}$  - кількість камер пластівцеутворення, шт. Приймається рівною кількості секцій відстійника, тобто  $N_{\text{к.п.}} = N$ ;

$V_{\text{к.п.}}$  - висхідна швидкість руху води в камері пластівцеутворення, мм/с. Згідно [21, п.6.56] приймається для води середньої каламутності  $V_{\text{к.п.}} = 0,65-1,6$  мм/с, для каламутної води –  $V_{\text{к.п.}} = 0,8-2,2$  мм/с.

Ширина камери пластівцеутворення, м

$$B_{\text{к.п.}} = \frac{F_{\text{к.п.}}}{L_{\text{к.п.}}} , \quad (5.107)$$

де  $L_{\text{к.п.}}$  - довжина камери пластівцеутворення, м. Приймається рівною ширині секції відстійника, тобто  $L_{\text{к.п.}} = B_1$ .

Кількість розподільних труб, шт

$$n_p = \frac{L_{\text{к.п.}}}{b_p} , \quad (5.108)$$





де  $b_p$  - відстань між перфорованими трубами, м. Згідно [21, п. 6.57]  $b_p = 2$  м. При цьому, відстань від стінки камери до труби повинна бути рівною 1 м.

Витрати води через одну трубу, л/с

$$q_p = \frac{q_{\Gamma}}{3,6 \cdot N_{\text{к.п.}} \cdot n_p} \quad (5.109)$$

Діаметр розподільних труб приймається по швидкості руху води в них  $V_p = 0,5-0,6$  м/с [21, п. 6.57].

Площа отворів в одній розподільній трубі, м<sup>2</sup>



$$F_0 = \frac{K_{\text{п}} \cdot \pi \cdot d_p^2}{4}, \quad (5.110)$$

де  $d_p$  - розрахунковий діаметр розподільних труб, м;

$K_{\text{п}}$  - коефіцієнт перфорації розподільних труб, який визначається за формулою

$$K_{\text{п}} = a_{\text{п}} / 100, \quad (5.111)$$

де  $a_{\text{п}} = 30-40\%$  - відношення площі отворів до площі поперечного перерізу труби, [21, п. 6.57].

Кількість отворів на розподільних трубах, шт.

$$n_0 = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_0^2}, \quad (5.112)$$

де  $d_0$  - діаметр отворів, м. Згідно [21, п. 6.57]  $d_0 \geq 25 \cdot 10^{-3}$  м.

Відстань між отворами, м



$$l_0 = \frac{V_{к.п.}}{n_0} \quad (5.113)$$

Втрати напору у розподільних трубопроводах, м, визначаються за формулами 5.88-5.90.

Висота шару осаду над стінкою, встановленою між камерою пластівцеутворення та відстійником, м

$$h_1 = \frac{q_c}{N_{к.п.} \cdot L_{к.п.} \cdot V_1} \quad (5.114)$$

де  $V_1$  - швидкість входу води у відстійник, м/с. Згідно [21, п. 6.58]  $V_1 \leq 0,1$  м/с для каламутної води і  $V_1 \leq 0,05$  м/с для кольорової води.

На вході у відстійник необхідно встановлювати підвісну перегородку, яка занурена на 1/4 висоти відстійника. Відстань між стінкою та підвісною перегородкою, м, визначається, виходячи із швидкості руху води  $V_2 \leq 0,03$  м/с

$$l_1 = \frac{q_c}{N_{к.п.} \cdot L_{к.п.} \cdot V_2} \quad (5.115)$$

Висота камери пластівцеутворення, м

$$h_{к.п.} = 0,06 \cdot V_{к.п.} \cdot t_{к.п.} \quad (5.116)$$

де  $t_{к.п.}$  = 20-30 хв - час обробки води в камері пластівцеутворення, [21, п. 6.54].

*Вихрові камери пластівцеутворення* проєктують з вертикальними або похилими стінками. Об'єм вихрової камери пластівцеутворення, м<sup>3</sup>

$$W_{к.п.} = \frac{q_r \cdot t_{к.п.}}{60 \cdot N_{к.п.}} \quad (5.117)$$



де  $t_{к.п.} = 6-12$  хв - час перебування води в камері, [21, п. 6.55] (нижня межа – для каламутної води, верхня – для кольорової).

Площа поперечного перерізу верхньої частини камери,  $m^2$

$$f_B = \frac{q_{\Gamma}}{3,6 \cdot V_B \cdot N_{к.п.}}, \quad (5.118)$$

де  $V_B = 4-5$  мм/с - швидкість висхідного потоку у верхній частині камери, [21, п. 6.55]

Довжина вихрової камери пластівцеутворення (рис.5.10), м

$$L_{к.п.} = f_B / V_B, \quad (5.119)$$

де  $B_B$  - ширина верхньої частини камери пластівцеутворення, м. Приймається рівною ширині секції відстійника, тобто  $B_B = B_1$ .

Діаметр подавального трубопроводу приймається, виходячи зі швидкості руху води в ньому  $V_{п} = 1,0 - 0,6$  м/с.

Висота пірамідальної частини камери, м

$$h_K = \frac{0,5(L_{к.п.} - B_H)}{\operatorname{tg}(\alpha/2)}, \quad (5.120)$$

де  $\alpha$  - кут між похилими стінками, град,  $\alpha = 50^\circ - 70^\circ$  [21, п. 6.55].

Об'єм пірамідальної частини камери,  $m^3$

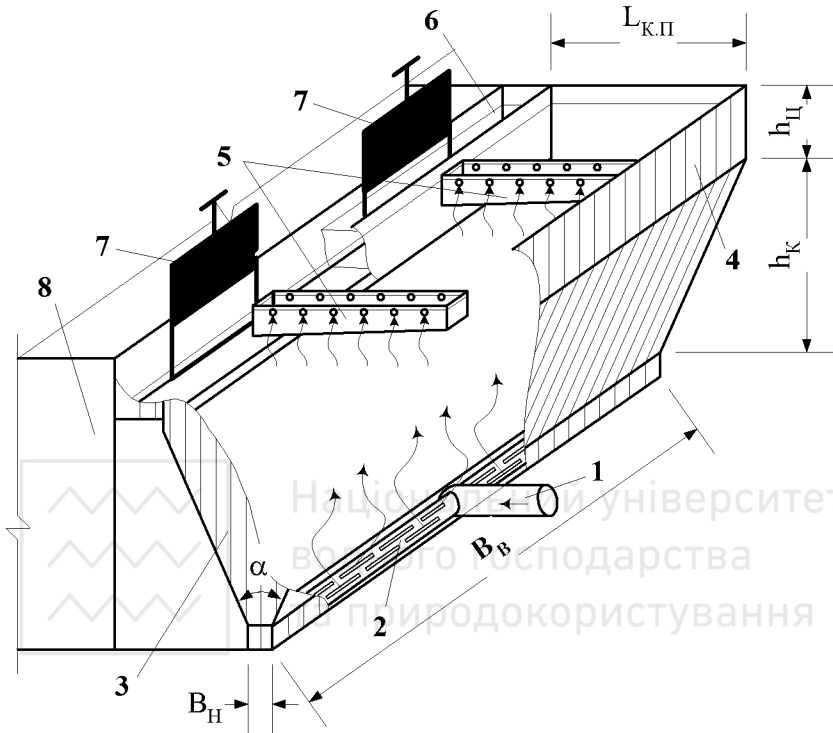
$$W_K = 0,5 \cdot B_B \cdot h_K \cdot (L_{к.п.} + B_H) . \quad (5.121)$$

Об'єм надставки над пірамідальною частиною,  $m^3$

$$W_H = W_{к.п.} - W_K . \quad (5.122)$$

Висота надставки, м

$$h_H = W_H / (B_B \cdot L_{к.п.}) . \quad (5.123)$$



**Рис.5.10. Вихрова камера пластівцеутворення з похилими стінками**

1 – подавальний трубопровід; 2 – розподільний трубопровід із щілинними прорізами; 3 – пірамідальна частина; 4 – надставка; 5 – збірний лоток з затопленими отворами; 6 – розподільний канал; 7 – шибер; 8 – горизонтальний відстійник

Робоча висота вихрової камери, м

$$h_{к.п.} = h_{к} + h_{н} \quad (5.124)$$

Відведення води з камери пластівцеутворення передбачають за допомогою дірчастих труб або збірних лотків, при швидкості руху води в них та отворах не більше 0,05 м/с для кольорових вод та 0,1 м/с- для каламутних вод.



Площа поперечного перерізу одного збірного лотка,  $m^2$

$$f_{л} = \frac{q_c}{n_{л} \cdot V_{л} \cdot N_{к.п.}}, \quad (5.125)$$

де  $n_{л}$  - кількість лотків в одній камері пластівцеутворення, шт,

$V_{л}$  - швидкість руху води в лотку, м/с.

Ширина лотка, м

$$b_{л} = \frac{f_{л}}{h_{л}}, \quad (5.126)$$

де  $h_{л} = 0,7 \dots 1,2$  м - висота лотка.

**Приклад 1.** Розрахувати горизонтальні відстійники з вбудованими камерами пластівцеутворення з шаром завислого осаду.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність водоочисних споруд  $q_{г} = 1460$  м<sup>3</sup>/год, каламутність вихідної води  $M = 260$  мг/л, кольоровість  $C = 70$  град, доза неочищеного сірчаноокислого алюмінію  $D_{к} = 37$  мг/л, вапно не вводиться.

**Розрахунок.** Приймавши швидкість випадання зависі  $u_0 = 0,6$  мм/с, отримаємо загальну площу відстійників в плані

$$F_{від} = 1,3 \cdot 1460 / (3,6 \cdot 0,6) = 879 \text{ м}^2.$$

Приймавши середню висоту зони осідання  $H_{ср} = 3,3$  м та розрахункову швидкість горизонтального руху води на початку відстійника  $V_{ср} = 9$  мм/с, отримаємо довжину відстійника

$$L = 3,3 \cdot 9 / 0,6 = 50 \text{ м}.$$

Загальна ширина відстійника  $B = 879 / 50 = 18$  м.

Відстійник розділяємо на самотійні секції повздожніми перегородками з шириною однієї секції  $B_1 = 3$  м. Загальна кількість секцій  $N = 18 / 3 = 6$  шт, резервних секцій не передбачаємо.



Концентрація завислих речовин у воді, яка надходить у відстійник

$$C_B = 260 + 1 \cdot 37 + 0,25 \cdot 70 = 315 \text{ г/м}^3.$$

Прийнявши період роботи відстійника між видаленнями осаду  $T_p = 3$  доби = 72 год та середню по висоті осадової частини концентрацію твердої фази осаду  $\delta = 40000 \text{ г/м}^3$ , об'єм зони накопичення і ущільнення осаду становитиме

$$W_{з.н.} = 1460 \cdot (315 - 10) \cdot 72 / (6 \cdot 40000) = 134 \text{ м}^3.$$

При плоскому дні відстійника, середня висота зони накопичення та ущільнення осаду становитиме  $H_{з.н.} = 134 / (3 \cdot 50) = 0,89 \text{ м}$ .

Висота відстійника на початку

$$H'_0 = 3,3 + 0,89 + 0,5 \cdot 0,005 \cdot 50 + 0,3 = 4,62 \text{ м},$$

в кінці -  $H''_0 = 3,3 + 0,89 - 0,5 \cdot 0,005 \cdot 50 + 0,3 = 4,37 \text{ м}$ .

Видалення осаду з відстійника передбачаємо гідравлічним способом, без виключення подачі води у нього. Кількість дірчастих труб для видалення осаду  $n = 3 / 1,5 = 2$  шт. Прийнявши тривалість скиду осаду  $\tau_c = 20$  хв, отримаємо витрати води з осадом

$$Q_{oc} = \frac{1,5 \cdot 134}{60 \cdot 2 \cdot 20} = 0,084 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Діаметр осадовідвідних труб приймаємо  $D_y = 300$  мм,  $V_p = 1,1$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91).

Площа отворів на одній трубі  $F_0 = 0,084 / 1,55 = 0,054 \text{ м}^2$ .

Прийнявши діаметр одного отвору  $d_0 = 0,025$  м, загальна кількість отворів в одній трубі становитиме  $n_0 = 4 \cdot 0,054 / (3,14 \cdot 0,025^2) = 110$  шт.

Відстань між осями отворів  $l_0 = 50 / 110 = 0,45$  м, яка відповідає рекомендованим межам. На початку труби передбачаємо отвір діаметром 20 мм для видалення повітря. Коефіцієнт перфорації труби  $K_{II} = F_0 / F_{oc} = 4 \cdot 0,054 / (3,14 \cdot 0,311^2)$ , коефіцієнт гідравлічного опору  $\xi = 3,3 / 0,71^{1,8} = 6,1$ .

Тоді, втрати напору в перфорованих трубах збірної системи видалення осаду  $h = 6,1 \cdot 1,1^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,38 \text{ м}$ .



Збір проясненої води передбачаємо системою жолобів. Приймавши відстань між осями жолобів  $l_{\text{ж}} = 2,8$  м, їх кількість становитиме  $n_{\text{ж}} = 4 \cdot 50 / (3 \cdot 2,8) = 24$  шт.

Приймавши швидкість руху проясненої води в кінці жолоба  $V_{\text{ж}} = 0,7$  м/с, площа живого перерізу в кінці збірної жолоба становитиме  $F_{\text{ж}} = 1460 / (3600 \cdot 6 \cdot 24 \cdot 0,7) = 0,004$  м<sup>2</sup>.

Ширина жолоба  $B_{\text{ж}} = \sqrt{0,004} / 1,5 = 0,04$  м.

Робоча висота жолоба  $H_{\text{ж}} = 1,5 \cdot 0,04 = 0,06$  м.

Приймавши швидкість руху води в отворах  $V_0 = 1,0$  м/с, визначаємо загальну площу отворів в жолобах

$$F_0 = 1460 / (3600 \cdot 6 \cdot 1) = 0,068 \text{ м}^2.$$

Приймавши діаметр отворів в жолобах  $d_0 = 0,025$  м, їх кількість становитиме  $n_0 = 4 \cdot 0,068 / (3,14 \cdot 0,025^2) = 139$  шт (приймаємо кратною кількості жолобів  $n_0 = 144$  шт). Приймавши швидкість руху води в кінці збірної каналу  $V_{\text{к}} = 0,7$  м/с, площа поперечного перерізу збірної каналу в його кінці становитиме

$$F_{\text{к}} = 1460 / (3600 \cdot 6 \cdot 0,7) = 0,097 \text{ м}^2.$$

Ширина збірної каналу  $B_{\text{к}} = \sqrt{0,097} / 1,5 = 0,21$  м.

Робоча висота збірної каналу в його кінці  $H_{\text{к}} = 1,5 \cdot 0,21 = 0,32$  м.

Відстань між отворами в збірних жолобах

$$l_0 = 24 \cdot (3 - 0,21 - 2 \cdot 0,1) / 144 = 0,43 \text{ м}.$$

Коефіцієнт перфорації жолобів  $K_{\text{п}} = 0,068 / (24 \cdot 0,004) = 0,71$ , коефіцієнт гідравлічного опору  $\xi = 3,2 / (0,71^{1,7} + 3) = 0,9$ .

Тоді, втрати напору в збірному жолобі становитимуть

$$h_{\text{ж}} = 0,9 \cdot 0,7^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,05 \text{ м}.$$

Отвори в жолобах розташовуються на 5-8 см вище його дна, а верх жолобів на  $h_3 = 0,1$  м вище максимального рівня води у відстійнику.

Загальна висота жолобів  $H'_{\text{ж}} = 0,06 + 0,02 + 0,1 = 0,18$  м.



Загальна висота збірного каналу  $H'_k = 0,32 + 0,1 + 0,18 = 0,60$  м.

Прийнявши висхідну швидкість руху води в камері пластівцеутворення з завислим шаром осаду  $V_{к.п.} = 1,9$  мм/с, площа горизонтального перерізу камери становитиме  $F_{к.п.} = 1460 / (3,6 \cdot 1,9 \cdot 6) = 36$  м<sup>2</sup>.

Ширина камери пластівцеутворення  $B_{к.п.} = 36 / 3 = 12$  м.

Кількість розподільних труб  $n_p = 3 / 1,5 = 2$  шт. Витрати води через одну трубу  $q_p = 1460 / (3,6 \cdot 6 \cdot 2) = 33,8$  л/с. Діаметр розподільних труб приймаємо  $D_y = 300$  мм,  $V_p = 0,48$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91). Коефіцієнт перфорації розподільних труб  $K_{п.} = 35 / 100 = 0,35$ .

Площа отворів в одній розподільній трубі

$$F_0 = 0,35 \cdot 3,14 \cdot 0,325^2 / 4 = 0,029 \text{ м}^2.$$

Прийнявши діаметр отворів  $d_0 = 0,025$  м, їх кількість становитиме  $n_0 = 4 \cdot 0,029 / (3,14 \cdot 0,025^2) = 60$  шт.

Відстань між отворами  $l_0 = 12 / 60 = 0,20$  м.

Втрати напору у розподільних трубах

$$h = 21,8 \cdot 0,5^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,3 \text{ м} \quad (\xi = 3,3 / 0,35^{1,8} = 21,8).$$

Прийнявши швидкість входу води у відстійник  $V_1 = 0,05$  м/с, висота шару осаду над стінкою, яка встановлена між камерою пластівцеутворення та відстійником становитиме

$$h_1 = 1460 / (3600 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 0,05) = 0,45 \text{ м}.$$

На вході у відстійник передбачаємо підвісну перегородку, яка занурена на 1/4 висоти відстійника, тобто на висоту

$$h_{п.п} = 1 / 4 \cdot H'_0 = 1 / 4 \cdot 4,62 = 1,16 \text{ м}.$$

Відстань між стінкою та підвісною перегородкою

$$l_1 = 1460 / (3600 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 0,03) = 0,8 \text{ м}.$$

Прийнявши час обробки води в камері пластівцеутворення  $t_{к.п} = 25$  хв, її висота становитиме  $h_{к.п.} = 0,06 \cdot 2 \cdot 25 = 3$  м.





**Приклад 2.** Використовуючи вихідні дані та розрахунки горизонтального відстійника попереднього прикладу, розрахувати вихрові камери пластівцеутворення.

**Розрахунок.** Приймавши час перебування води в камері  $t_{к.п.} = 10$  хв, її об'єм становитиме  $W_{к.п.} = 1460 \cdot 10 / (60 \cdot 6) = 41 \text{ м}^3$ .

Приймавши швидкість висхідного потоку у верхній частині камери  $V_B = 4,5$  мм/с, площа поперечного перерізу верхньої частини становитиме

$$f_B = 1460 / (3,6 \cdot 4,5 \cdot 6) = 15,0 \text{ м}^2.$$

Довжина вихрової камери  $L_{к.п.} = 15 / 3 = 5$  м.

При витратах води на вході в одну камеру пластівцеутворення  $q_{п.} = 1460 / (3,6 \cdot 6) = 68$  л/с, діаметр подаючої труби приймаємо  $D_y = 300$  мм,  $D_{зоб} = 325$  мм,  $V_p = 0,9$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91). Оскільки потік води в дірчастих розподільних трубах розходить на два, то витрати в них становитимуть  $q_p = 68 / 2 = 24$  л/с. Діаметр розподільних труб приймаємо  $D_y = 250$  мм,  $D_{зоб} = 273$  мм,  $V_p = 0,64$  м/с (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91\*). Ширину нижньої частини камери приймаємо  $B_{п.} = 0,45$  м. Приймавши кут між похилими стінками  $\alpha = 65^\circ$ , висота пірамідальної частини камери становитиме

$$h_{к.} = 0,5 \cdot (5 - 0,45) / \text{tg}(65 / 2) = 3,6 \text{ м}.$$

Об'єм конічної частини  $W_{к.} = 0,5 \cdot 3 \cdot 3,6 \cdot (5 + 0,45) = 29 \text{ м}^3$ .

Об'єм надставки  $W_{п.} = 41 - 29 = 12 \text{ м}^3$ .

Висота надставки  $h_{п.} = 12 / (3 \cdot 5) = 0,8$  м.

Робоча висота вихрової камери  $h_{к.п.} = 3,6 + 0,8 = 4,4$  м.

Збір води у верхній частині вихрової камери передбачаємо лотками. Приймавши відстань між збірними лотками 1,5 м, їх кількість становитиме  $n_{л.} = 2$  шт. Приймавши швидкість руху води в лотках  $V_{л.} = 0,05$  м/с, площа одного лотка становитиме  $f_{л.} = 1460 / (3600 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot 6) = 0,68 \text{ м}^2$ . Приймавши висоту лотка  $h_{л.} = 0,8$  м, його ширина становитиме  $b_{л.} = 0,68 / 0,8 = 0,85$  м.



## 6. ФІЛЬТРИ

### 6.1. Повільні фільтри

Крупність зерен засипки повільних фільтрів і висоту окремих шарів потрібно призначати за даними табл. 6.1. Дренаж фільтрів влаштовують з перфорованих труб, цегли або бетонних плиток, укладених з просвітами, пористого бетону. Над поверхнею засипки повинен бути шар води 1,5 м. При наявності перекриття над фільтрами відстань від поверхні засипки до перекриття повинна бути достатньою для забезпечення регенерації, заміни і відмивки засипки.

Таблиця 6.1.

#### Рекомендовані засипки для повільних фільтрів

Номер шару зверху вниз	Матеріал засипки	Крупність зерен, мм	Товщина шару засипки, мм
1	Пісок	0,3...1	500
2	Те ж саме	1...2	50
3	Те ж саме	2...5	50
4	Гравій або щебінь	5...10	50
5	Те ж саме	10...20	50
6	Те ж саме	20...40	50

Необхідна площа фільтрів, м<sup>2</sup>

$$F_{п.ф.} = \frac{q_r}{V_{ф.}} \quad , \quad (6.1)$$

де  $q_r$  - розрахункова продуктивність очисної станції м<sup>3</sup>/год;

$V_{ф.} = 0,1$  м/год - розрахункова швидкість фільтрування (під час регенерації засипки допускається збільшення до 0,2 м/год.).

Тривалість фільтроциклу, год

$$T_{ф.} = t_d + t_o + t_{к.ф.} \quad , \quad (6.2)$$

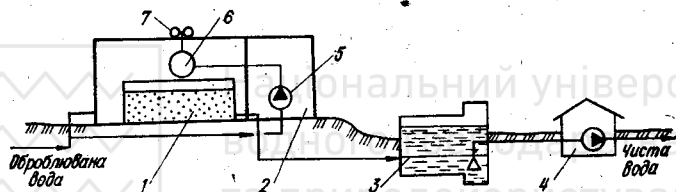
де  $t_d = 1...3$  год - тривалість дозрівання фільтруючої засипки;



$t_0=1...2$  год. - тривалість всіх операцій, пов'язаних з очищенням фільтрів;

$t_{к.ф.}$  - тривалість корисного фільтрування, год.

Рекомендується використовувати фільтри з гідравлічною регенерацією піщаної засипки (рис. 6.1). Кількість фільтрів приймається не менше трьох, ширина фільтра - не більше 6 м, а довжина — не більше 60 м. Вода на гідророзпушувач подається насосом. Витрати на один змив забруднень з  $1\text{ м}^2$  дорівнюють 9...10 л/с, з них 4 л/с йдуть на відмивку засипки, а 6 л/с — для створення промивного потоку. Розпушувач рухається на візку зі швидкістю 0,03 м/с, тривалість змиву забруднень на кожні 10 м довжини фільтра становить 3 хв.



**Рис. 6.1. Схема водоочисної станції з повільними фільтрами**

1 - повільний фільтр; 2 - камера переключення; 3 - резервуар чистої води; 4 - насосна станція II підняття; 5 - промивний насос; 6 - гідророзпушувач; 7 - пристрій для пересування гідророзпушувача

Порядок проведення регенерації наступний. Закривається засувка на подавальному трубопроводі, упродовж 1...2 год спрацьовується запас води над піском. Потім закривається засувка на трубопроводі фільтрованої води, включаються промивний насос і гідророзпушувач, відкривається засувка на стічному трубопроводі (гідророзпушувач здійснює зворотно-поступальний рух із змивом забруднень спочатку з поверхні; а потім до глибини 0,3 м). Відкривається засувка на трубопроводі подачі вихідної води для створення горизонтального потоку промивної води. Після закінчення регенерації виключаються гідравлічний розпушувач і промивний насос, закривається засувка на стічному трубопроводі та прикривається засувка на подавальному трубопроводі і відкривається засувка на трубопроводі першого фільтрату.



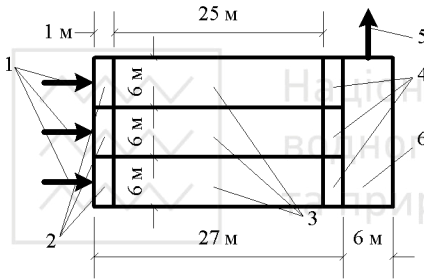
Фільтр промивається, як правило, один раз на два-три місяці, але в процесі експлуатації цей період може змінюватись. Закінчення корисного фільтрування визначається за часом досягнення граничного значення втрат напору.

**Приклад.** Запроектувати повільні фільтри.

**Вихідні дані.** Продуктивність фільтрів  $q_f=45 \text{ м}^3/\text{год}$ , каламутність вихідної води  $M_k=500 \text{ мг/л}$ .

**Розрахунок.** Потрібна площа фільтрів  $F_\Phi=45/0,1=450 \text{ м}^2$ .

Кількість фільтрів приймаємо  $n_\Phi=3$ , тоді площа одного становитиме  $F_{\Phi 1}=450/3=150 \text{ м}^2$ .



## 6.2. Компонування повільних фільтрів

1 - трубопроводи подачі вихідної води  $d=200 \text{ мм}$ ; 2 - канали розподілу промивної і вихідної води; 3 - повільні фільтри; 4 - канали відведення промивної води; 5 - трубопровід відведення промивної води  $d=250 \text{ мм}$ ; 6 - камера управління

Приймаємо ширину фільтра  $b_\Phi=6 \text{ м}$ , тоді довжина становитиме  $l_\Phi=150/6=25 \text{ м}$ . (рис. 6.2). Ширину каналів для подачі вихідної води і відведення промивної води приймаємо  $B_{\text{кан}}=1 \text{ м}$ . Загальна довжина фільтра  $27 \text{ м}$ . Витрати води, які подаються на фільтр у форсованому режимі

$q_\Phi=25 \cdot 6 \cdot 0,2/3,6=8,4 \text{ л/с}$ ,  
витрати води на промивний потік  $q_{\text{пр}}=6 \cdot 6=36 \text{ л/с}$ ,  
для гідророзпушувача  $q_{\text{г-р}}=4 \cdot 6=24 \text{ л/с}$ .

Діаметри трубопроводів, які подають вихідну воду: на фільтр –  $D_1=200 \text{ мм}$  ( $q_{\text{пр1}}=36 \text{ л/с}$ ,  $V_1=1,05 \text{ м/с}$ ); на гідророзпушувач –  $D_2=175 \text{ мм}$  ( $q_{\text{пр2}}=24 \text{ л/с}$ ,  $V_2=1,06 \text{ м/с}$ ); на відведення фільтрату –  $D_3=100 \text{ мм}$  ( $q_3=8,4 \text{ л/с}$ ,  $V_3=0,82 \text{ м/с}$ ); для подачі на регенерацію і відведення в каналізацію —  $D_4=250 \text{ мм}$  ( $q_4=70 \text{ л/с}$ ,  $V_4=0,82 \text{ м/с}$ ). Товщина засипки фільтра прийнята  $H_3=0,7 \text{ м}$ , а крупність зерен  $0,3 \dots 40,0 \text{ мм}$ . Шар води над засипкою  $H_B=1,5 \text{ м}$ . Висота камери



фільтрів за умови роботи гідророзпушувача, який рухається підвісним шляхом,  $H_k=3,6$  м. Збір фільтрату у фільтрі виконується азбестоцементною трубою діаметром 100 мм (в форсованому режимі витрати води  $q_{\Phi}^{\Phi}=8,4$  л/с,  $V_{\Phi}^{\Phi}=0,82$  м/с, в нормальному -  $q_{\Phi}^{\Pi}=4,2$  л/с, швидкість  $V_{\Phi}^{\Pi}=0,41$  м/с). До дренажної труби зроблено поперечний уклон  $i=0,04$ . Промивний насос прийнято марки **K100-80-160**, його подача  $60...110$  м<sup>3</sup>/год, напір  $31.6...23$  м.

## 6.2. Швидкі фільтри з важкою засипкою

На швидкі фільтри вихідна вода подається після відстійників або прояснювачів з шаром завислого осаду з каламутністю води 8...15мг/л. Тривалість роботи фільтрів між промивками повинна бути не менше 8...12год в нормальному режимі та 6 год - в форсованому. Фільтри промиваються чистою, проясненою водою, яка подається або з резервуарів чистої води спеціальними промивними насосами, або з водонапірної башти, або промивного бака самопливом. Для покращення відмивки засипки можна додатково подавати повітря, тобто використовувати повітряно - водяну промивку. До початку розрахунку необхідно підібрати тип фільтрів, матеріал і параметри фільтруючої засипки (діаметри зерен, коефіцієнт неоднорідності, товщину засипки), швидкість фільтрування в нормальному та форсованому режимах (табл. 6.2).

Згідно [21, п.6.98] загальна площа фільтрів, м<sup>2</sup>

$$F_{\Phi} = \frac{Q_k}{T_{ст} \cdot V_n - n_{пр} \cdot q_{пит} - n_{пр} \cdot \tau_{пр} \cdot V_n}, \quad (6.3)$$

де  $Q_k$  – корисна продуктивність станції, м<sup>3</sup>/добу,

$T_{ст}$  – тривалість роботи станції упродовж доби, год. Як правило,  $T_{ст}=24$  год,

$V_n$  – розрахункова швидкість фільтрування в нормальному режимі, м/год,

$n_{пр} = 1...3$  – кількість промивок одного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації,



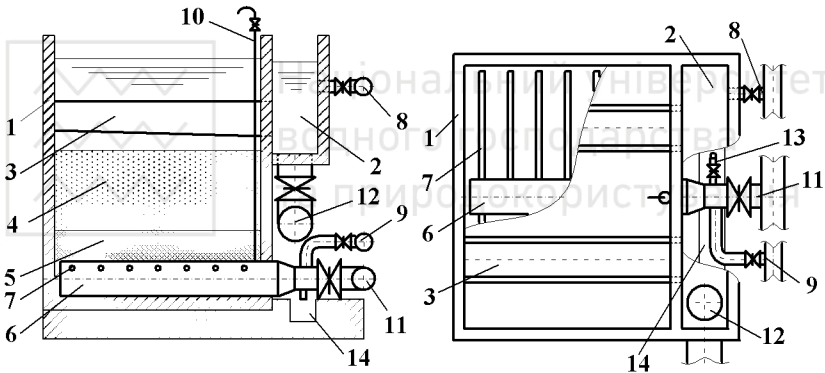
$q_{\text{пнт}}$  – питомі витрати води на одну промивку одного фільтра,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ , які визначаються з врахуванням вимог [21, п.6.110]

$$q_{\text{пнт}} = 3,6 \cdot \omega \cdot t_1, \quad (6.4)$$

де  $\omega$  – інтенсивність промивки,  $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ . Приймається за табл. 6.3 або [21, табл. 23],

$t_1$  – тривалість промивки, год. Приймається за табл. 6.3 або [21, табл. 23],

$\tau_{\text{пр}}$  – час простого фільтра в зв'язку з промивкою. При промивці фільтра водою  $\tau_{\text{пр}}=0,33$  год., водою та повітрям  $\tau_{\text{пр}}=0,5$  год.



**Рис. 6.3. Схема швидкого фільтра**

1 - корпус; 2 – боковий канал; 3 - жолоб; 4 - фільтруюча засипка; 5 - підтримуючі шари; 6 - колектор розподільної системи; 7 - відгалуження з отворами; 8 - трубопровід подачі вихідної води; 9 - трубопровід відведення фільтрованої води; 10 - повітряний стояк; 11 - трубопровід подачі води на промивку; 12 - трубопровід відведення промивної води; 13 - трубопровід спорожнення; 14 - стічний канал

Кварцевий пісок є найбільш розповсюдженим фільтруючим матеріалом. Він буває окатаним річковим або морським, гострокутним, кар'єрним. Пористість пісків коливається від 34 до 42 відсотків, а коефіцієнт форми зерна від 1,17 до 1,87. В фільтрах пісок



повинен мати певний фракційний склад і не мати глинистих домішок. Мінеральний склад пісків може бути полі- або мономінеральним. Звичайно, піски складаються з кварцу з домішками польових шпатів, слюди, глинистих, вапняних, залізистих часток. Колір пісків може бути жовтий, червоний, зелений, сірий. Саме останній - сірий - у найбільшій мірі відповідає вимогам до фільтруючих матеріалів.

Волгоградський кар'єр, що раніше поставляв розсіяний по фракціях пісок, практично не працює. Одним із найбільших постачальників розсіяного піску є Голландія, яка може поставляти пісок необхідної фракції в мішках. У практиці водопідготовки використовуються піски кар'єрів каолінових і домобудівних комбінатів. На Україні найбільш відомі піски каолінових комбінатів: Глуховецького Вінницької області, Славутського домобудівного комбінату Хмельницької області (с.Галявини). Проте ці піски необхідно додатково класифікувати на водоочисних станціях, а це додаткові витрати на перевезення зайвого піску, наявність великої кількості відсіву, підвищена собівартість. Управління „Донбасводремонт” ГПП „Укрпромводчормет” на базі родовищ станції Просяної Запорізької області готує пісок кварцевий фракціонований „Кварц -1”. Виготовлення піску ґрунтується на основі стандарту підприємства СТП 14.352.00.08.022-00, шляхом гідрокласифікації вихідної сировини на гідрокласифікаторі ГКД – 2 – 100/ 400 та відстійнику для зневоднення піску. Пісок „Кварц -1” має сертифікат відповідності, який виданий ОС ”ДонбасСЕПРОбуд” рішенням № 139/15 від 20.04.2001, і має найменший діаметр 0.63мм, найбільший діаметр 1.6мм, еквівалентний діаметр 0.8...1мм, коефіцієнт неоднорідності 2,4, вартість – 162,34 грн.

В теперішній час в Україні працює підприємство „Цеоліт”, яке готує фільтруючу засипку із цеоліту крупністю 1...3 мм. Підприємство розташоване в с. Сокирниця Хустовського району Закарпатської області. Цеолітовий туф має світло-сіруватий, іноді зеленкуватий, колір і складається на 60...75% з кліноптилоліту, 10% кварцу, 5...10% польового шпату і монтморилоніту, 3% карбонату, 1...3% слюди. За хімічним складом в ньому в основному є  $SiO_2$  – 71,5%,  $Al_2O_3$ - 13,1%,  $Fe_2O_3$ - 0,9%,  $Na_2O + K_2O$  – 5,03%,  $CaO$  – 2,1%,  $MgO$  –1,07%. Цеоліт має в середньому подрібнення 0,45...1,7%, стирання 0,24...0,46%, пористість 48%, питому вагу 2,37 кг /  $дм^3$ , сумарну природну активність природних радіонуклідів 144,4 Бк / кг, термічну стійкість



до 700<sup>0</sup>С, вологість до 7%. Він може поставлятися в мішках розсортованим за фракціями  $d_{80}=3\text{мм}$ ,  $d_{10}=1,1\text{мм}$ ,  $d_{\text{екв}}=1,4\dots2,3\text{мм}$ ,  $K_n=2,3\dots2,5$ , рекомендована інтенсивність промивки – 14...16 л/(с м<sup>2</sup>), відносне розширення – 10%.

Таблиця 6.2

**Характеристики фільтруючих шарів швидких фільтрів**

Фільтруюча засипка	Матеріал засипки	Діаметр зерен, мм			Коефіцієнт неоднорідності засипки	Товщина шару, м	Максимальна швидкість фільтрування, м/год, при режимі	
		найменшій	найбільшій	еквівалентний			нормальному	форсованому
Одношарова	Кварцевий пісок	0,5	1,2	0,7...0,8	1,8...2	0,7...0,8	5...6	6...7,5
		0,7	1,6	0,8...1	1,6...1,8	1,3...1,5	6...8	7...9,5
		0,8	2	1...1,2	1,5 1,7	1,8 2	8...10	10...12
	Подрібнений керамзит	0,5	1,2	0,7...0,8	1,8...2	0,7...0,8	6...7	7...9
		0,7	1,6	0,8...1	1,6...1,8	1,3...1,5	7...9,5	8,5...11,5
		0,8	2	1...1,2	1,5...1,7	1,8...2	9,5...12	12...14
Двошарова	Кварцевий пісок (перший шар)	0,5	1,2	0,7...0,8	1,8...2	0,7...0,8	7...10	8,5...12
	Подрібнений керамзит (другий шар)	0,8	1,8	0,9...1,1	1,6...1,8	0,4...0,5	7...10	8,5...12

*Примітка. 1. При очищенні води для господарсько-питних потреб належить приймати менші значення швидкостей фільтрування. 2. Одношарові швидкі фільтри з крупністю засипки 0,8...2мм належить використовувати тільки для виробничого водопостачання.*





Таблиця 6.3

**Параметри промивки водою засипки з кварцевого піска**

Засипка фільтра	Інтенсивність промивки, л/(с·м <sup>2</sup> )	Тривалість промивки, хв.	Відносне розширення засипки, %
Одношарова з діаметром зерен, мм:			
0,7...0,8	12...14	6...5	45
0,8...1,0	14...16	6...5	30
1,0...1,2	16...18	6...5	25
Двошарова	14...16	7...6	50

*Примітка.* Більшим значенням інтенсивності промивки відповідають менші значення тривалості.

Для засипки з керамзиту інтенсивність промивки належить приймати 12...15 л/(с·м<sup>2</sup>) в залежності від марки керамзиту (більші значення промивки відносяться до керамзиту великої щільності).

Згідно [21, п.6.99] кількість фільтрів на станції продуктивністю більше 1600 м<sup>3</sup>/добу повинна бути не менше 4, а їх загальна кількість, шт, визначається за формулою

$$N_{\phi} = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}} \quad (6.5)$$

Швидкість фільтрування у форсованому режимі, м/год

$$V_{\phi} = \frac{V_{н} \cdot N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1} \quad (6.6)$$

де  $N_1$  – кількість фільтрів, яка знаходяться в ремонті, шт. Згідно [21, п.6.95] при кількості фільтрів до 20шт  $N_1 = 1$  шт, а при більшій -  $N_1=2$  шт.

Швидкість фільтрування води у форсованому режимі, визначена за формулою 6.6 не повинна перевищувати табличного значення (табл. 6.2).

Крупність фракцій та висота підтримуючих шарів при розподільній системі великого опору приймається за [21, табл. 22] або табл. 6.4.

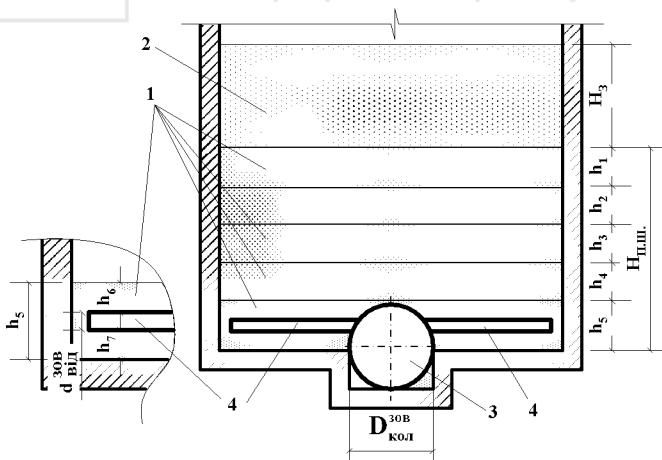


Таблиця 6.4

**Параметри підтримуючих шарів**

Позначення на рис. 6.4.	Крупність зерен, мм	Висота шару, мм
$h_1$	2-1,2	100 (передбачається для фільтрів з крупністю зерен засипки менше 2мм)
$h_2$	5-2	50-100
$h_3$	10-5	100-150
$h_4$	20-10	100-150
$h_5$	40-20	$h_6+h_7+d_{\text{Від}}^{\text{ЗОВ}}$ , де $h_6 \geq 100$ мм; $h_7=80-120$ мм; $d_{\text{Від}}^{\text{ЗОВ}}$ - зовнішній діаметр відгалужень, мм.

При водоповітряній промивці з подачею повітря по трубчастій системі, висоту шарів крупністю 10-5 мм та 5-2 мм приймають по 150-200 мм кожний.



**Рис. 6.4** Схема до визначення висоти підтримуючих шарів  
1 – підтримуючі шари, 2 – фільтруючий шар; 3 – колектор, 4 – відгалуження



Площа одного фільтра,  $m^2$ , не повинна перевищувати 100-120  $m^2$  і визначається

$$F_1 = \frac{F_\Phi}{N} \quad (6.7)$$

При площі одного фільтра до 40  $m^2$ , він проектується з боковим каналом, при більшій – з центральним.

Розміри фільтра в плані, в осях, приймаються кратними 0,5 м. Тоді, площа фільтрування швидкого фільтра,  $m^2$  становитиме

$$F'_1 = (A - t) \cdot (B - t) \geq F_1 \quad (6.8)$$

де  $t=0,2$  м – товщина стінки корпусу швидкого фільтра.

Для рівномірного розподілу промивної води по площі фільтра і для збору профільтрованої води може бути застосована розподільна система у вигляді трубчастого дренажу великого опору.

Кількість промивної води на один фільтр, л/с

$$q_{пр} = F'_1 \cdot \omega \quad (6.9)$$

Згідно [21, п.6.106] діаметр колектора розподільної системи визначають, виходячи зі швидкості руху води на його початку,  $V_{кол}=0,8...1,2$  м/с.

Площа дна фільтра,  $m^2$  (рис.6.5), яка припадає на кожне відгалуження розподільної системи при відстані між ними  $m=0,25...0,35$  м та зовнішньому діаметрі колектора  $D_{кол}^{30В}$  визначається за виразами

- а)

$$f_{відг} = (A - t - D_{кол}^{30В}) \cdot m / 2 \quad (6.10)$$

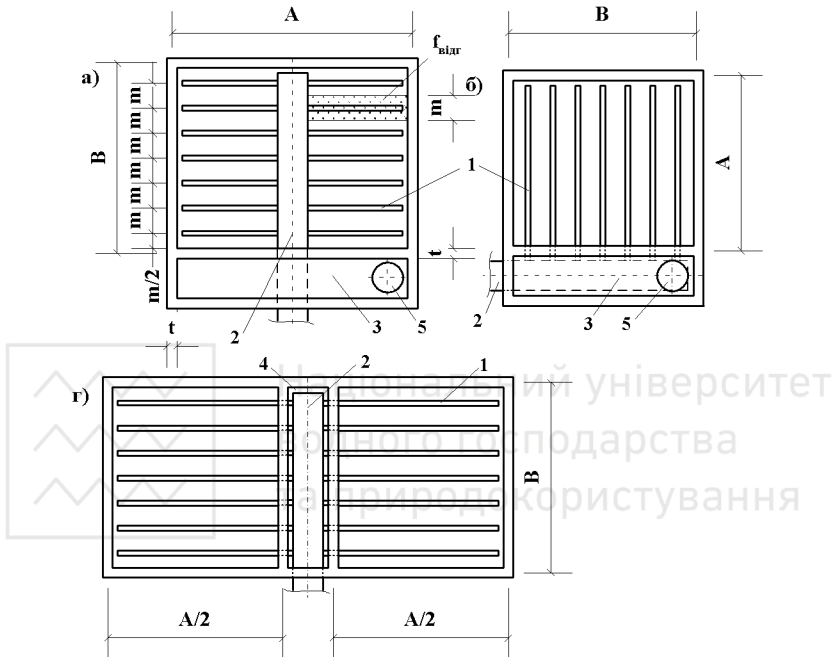
- б)

$$f_{відг} = (A - t) \cdot m \quad (6.11)$$



- в)

$$f_{\text{відг}} = (A/2 - t) \cdot m . \quad (6.12)$$



**Рис. 6.5. Трубчасті дренажі швидких фільтрів**

а - з боковим каналом та центральним розміщенням колектора; б - з боковим каналом та боковим розміщенням колектора; г - з центральним каналом

1 - перфоровані відгалуження; 2 - колектор; 3 – боковий канал; 4 - центральний канал; 5 - відвід промивної води з бокового каналу

Витрати води, л/с, які проходять через одне відгалуження

$$q_{\text{в}} = f_{\text{в}} \cdot \omega . \quad (6.13)$$

Загальна кількість відгалужень, шт (рис.6.5)



- а), в)

$$n_B = \frac{2 \cdot (B - t)}{m}, \quad (6.14)$$

- б)

$$n_B = \frac{B - t}{m}. \quad (6.15)$$

Згідно [21, п.6.106] діаметр відгалужень розподільної системи визначають виходячи зі швидкості руху води в них  $V_B=1,6...2,0$  м/с. На відгалуженнях трубчастого дренажу при наявності підтримуючих шарів передбачають отвори діаметром  $d_o=10-12$  мм, які влаштовують в два ряди в шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до низу від вертикалі, причому загальна площа отворів,  $m^2$

$$\sum f_o = \frac{(0,25...0,5) \cdot F_1}{100}. \quad (6.16)$$

Кількість отворів у відгалуженнях, шт, має бути кратною кількості відгалужень

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_{1o}}, \quad (6.17)$$

де  $f_{1o}$  – площа одного отвору,  $m^2$

$$f_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}. \quad (6.18)$$

Кількість отворів, які припадають на одне відгалуження, шт.

$$n_o^B = \frac{n_o}{n_B}. \quad (6.19)$$



Довжина кожного відгалуження, м (рис.6.5)

- а), в)

$$l_B = (A - t - D_{\text{кол}}^{\text{зов}}) / 2, \quad (6.20)$$

- б)

$$l_B = A - t. \quad (6.21)$$

Відстань між осями отворів на відгалуженнях, м

$$e_o = \frac{l_B}{n_o^B}. \quad (6.22)$$

Згідно [21, п.6.105] відстань між осями відгалужень слід приймати в межах 250-300 мм.

Згідно [21, п.6.109] для видалення повітря з трубопроводу, який подає воду на промивку, передбачаються повітряні стояки діаметром 75-150 мм із встановленою запірною арматурою. Для випуску повітря на колекторах передбачаються повітряні стояки діаметром 50-75 мм, кількість яких необхідно приймати при площі фільтра до 50 м<sup>2</sup> – один, при більшій – 2 (на початку і в кінці), з встановленням на стояках вентилів для випуску повітря. Спорожнення фільтра передбачається через розподільну систему та окрему спускную трубу діаметром 100-200 мм із засувкою (в залежності від площі фільтра).

Збір і відведення брудної промивної води передбачається за допомогою жолобів, які влаштовуються над поверхнею фільтрувальної засипки. Ширина жолоба, м

$$B_{\text{ж}} = K_5 \sqrt{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a)^3}}, \quad (6.23)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який становить 2,1 для жолобів з трикутною основою, та 2 - для жолобів з напівкруглою основою;

$a = 1...1,5$  – відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини, приймається згідно [21, п.6.111];



$q_{ж}$  – витрати води через один жолоб, м<sup>3</sup>/с

$$q_{ж} = \frac{q_{пр}}{1000 \cdot n_{ж}} \quad , \quad (6.24)$$

де  $n_{ж}$  – кількість жолобів, шт, приймається з розрахунку, щоб відстань між осями жолобів не перевищувала 2,2 м. Тобто

$$n_{ж} = A/2,2 \quad . \quad (6.25)$$

Тоді відстань між осями жолобів, м, становитиме

$$A_{ж} = A/n_{ж} \quad . \quad (6.26)$$

Висота прямокутної частини жолоба, м

$$h_{пр}^{ж} = 0,5 \cdot a \cdot B_{ж} \quad . \quad (6.27)$$

Висота трикутної (напівкруглої) частини, м

$$h_{тр}^{ж} = 0,5 \cdot B_{ж} \quad . \quad (6.28)$$

Конструктивна висота жолоба, м

$$h_{ж}^{к} = h_{пр}^{ж} + h_{тр}^{ж} + t_{ст} \quad , \quad (6.29)$$

де  $t_{ст} = 0,08$  м – товщина стінки жолоба.

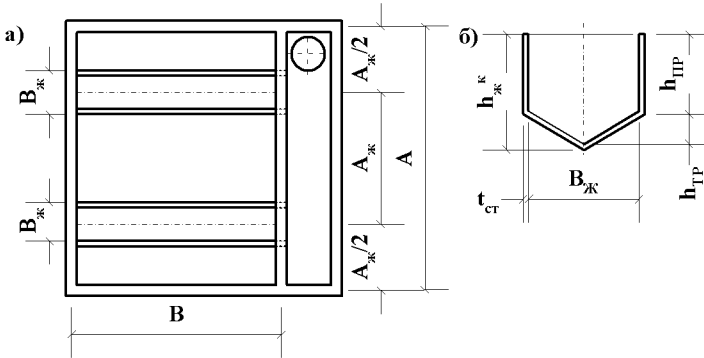
Згідно [21, п.6.111] кромки жолобів повинні бути на одному рівні і строго горизонтальні. Лотки жолобів повинні мати уклон 0,01 до бокового каналу.

Згідно [21, п.6.112] відстань від дна жолоба до дна бокового каналу, м

$$H_{к} = 1,73 \sqrt{\frac{q_{пр}^2}{g \cdot B_{к}^2}} + 0,2 \quad , \quad (6.30)$$



де  $B_k$  – ширина каналу, м. Приймається не менше 0,7 м.



**Рис. 6.6. Жолоби для збору промивної води**

а - схема розміщення жолобів у фільтрі; б - жолоб з трикутною основою.

Згідно [21, п.6.113] відстань від поверхні фільтруючої засипки до кромки жолоба, м

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \cdot e}{100} + 0,3, \quad (6.31)$$

де  $H_3$  – висота фільтруючої засипки, м;

$e$  – відносне розширення фільтруючої засипки, %, приймається згідно табл.6.3.

$H_{\text{ж}}$  повинно бути таким, щоб відстань від низу жолоба до верху засипки була не менше  $a_3 = 0,05-0,06$  м, тобто

$$H'_{\text{ж}} = h_{\text{ж}}^k + a_3, \quad (6.32)$$

Витрати води на промивку фільтрів, %

$$P = \frac{8640 \cdot \omega \cdot F'_1 \cdot t_1 \cdot N_{\phi}}{Q_k \cdot (\tau_{\text{ст}} / n_{\text{пp}} - t_1 - \tau_{\text{пp}})}, \quad (6.33)$$





У формулі 6.33 розмірність величин наступна:  $[\omega]$  - л/(с·м<sup>2</sup>);  $[F_1']$  - м<sup>2</sup>;  $[N_\phi]$ ,  $[n_{пр}]$  - шт,  $[Q_K]$  - м<sup>3</sup>/добу;  $[T_{ст}]$ ,  $[t_1]$ ,  $[\tau_{пр}]$  - год.

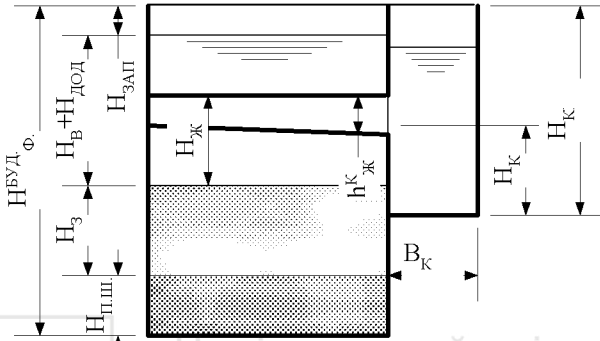


Рис. 6.7. Схема до визначення будівельної висоти швидкого фільтра

Згідно [21, п.6.101] висота шару води над поверхнею засипки  $H_v$  приймається не менше 2 м, перевищення будівельної висоти над розрахунковим рівнем води  $H_{зап}$  приймається не менше 0,5 м.

Загальна будівельна висота швидкого фільтра, м

$$H_{ф}^{буд} = H_v + H_{зап} + H_z + H_{п.ш} + H_{дод} \quad , \quad (6.34)$$

де  $H_{п.ш}$  - висота підтримуючих шарів, м. Визначається згідно табл.6.4, рис.6.4;

$H_{дод}$  - додаткова висота накопичуваного в інших фільтрах шару води під час промивки одного фільтра, м. Визначається згідно [21, п.6.102]

$$H_{дод} = W_0 / (F_1' \cdot [N_\phi - 1]), \quad (6.35)$$

де  $W_0$  - об'єм води, м<sup>3</sup>, який накопичується під час простою фільтра,



що промивається

$$W_o = \frac{Q_k \cdot (\tau_{np} + t_1)}{T_{ст} \cdot N_\Phi} \quad (6.36)$$

Загальні втрати напору при промивці фільтра, м

$$\sum h_\Phi = h_{p.c} + h_\Phi + h_{п.ш} + h_{п.тр.} + h_{м.о} \quad (6.37)$$

Згідно [21, п.6.105] втрати напору в розподільній системі, м, не повинні перевищувати 7 м, і визначаються за формулою

$$h_{p.c} = \xi \frac{(V_K^p)^2}{2 \cdot g} + \frac{(V_B^p)^2}{2 \cdot g}, \quad (6.38)$$

де  $V_K^p$  - розрахункова швидкість руху води на початку колектора, м/с;

$V_B^p$  - середня швидкість води на вході у відгалуження, м/с;

$\xi$  - коефіцієнт гідравлічного опору

$$\xi = \frac{2,2}{K_{II}^2} + 1 \quad (6.39)$$

де  $K_{II}$  - коефіцієнт перфорації - відношення сумарної площі отворів до площі поперечного перерізу відгалуження

$$K_{II} = \frac{4 \cdot n_o^B \cdot f_o}{\pi \cdot (d_B^{BH})^2} \quad (6.40)$$

Втрати напору у фільтруючому шарі, м

$$h_\Phi = (a + b \cdot \omega) \cdot H_3, \quad (6.41)$$



де **a**, **b** – коефіцієнти:

**a**=0,76; **b**=0,017 – при діаметрі часток піску 0,5-1 мм;

**a**=0,85; **b**=0,004 – при діаметрі часток піску 1-2 мм.

Втрати напору в підтримуючих гравійних шарах, м

$$h_{п.ш} = 0,022 \cdot H_{п.ш} \cdot \omega, \quad (6.42)$$

де  $H_{п.ш}$  – висота підтримуючих шарів, м.

Втрати напору в трубопроводі подачі промивної води в загальний колектор розподільної системи, м



$$h_{п.тр.} = \frac{1000i}{1000} \cdot l, \quad (6.43)$$

де **1000i** – гідравлічний уклон;

**l** - довжина трубопроводу, м.

Втрати напору в фасонних частинах та арматурі, м, визначаються за формулою

$$h = \sum \xi \cdot \frac{V_{пр}^2}{2 \cdot g}, \quad (6.44)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів в фасонних частинах і арматурі (табл. 6.5). Для визначення  $\sum \xi$  складається розрахункова схема;

$V_{пр}$  - розрахункова швидкість руху води в трубопроводі подачі промивної води, м.

Промивку фільтрів можна здійснювати спеціальними промивними насосами з резервуарів чистої води або самопливом з баку промивної башти. Вибір способу промивки фільтрів проводиться на основі

Таблиця 6.5

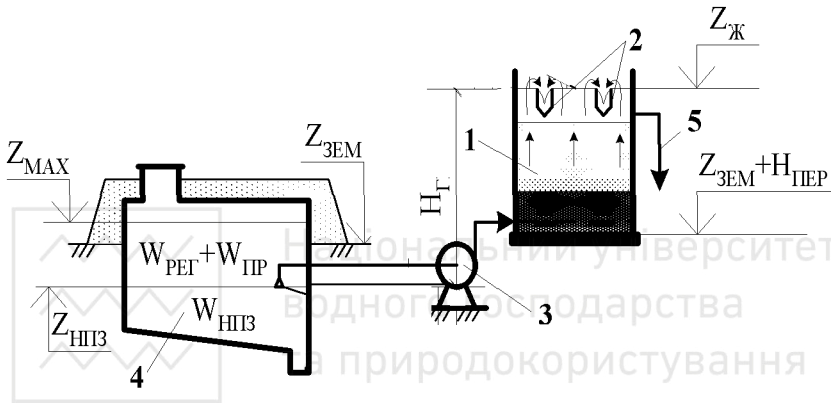
**Значення коефіцієнтів місцевих опорів**

Найменування	Схема	Значення $\xi$	Найменування	Схема	Значення $\xi$
Вхід в трубу без розширення		0,5	Звуження (за нормальним сортаментом)		0,1
Плавний вхід в трубу		0,1 – 0,2	Розширення (за нормальним сортаментом)		0,25
Приймальна сітка без клапана		2 – 3	Трійник в напрямку відгалуження		1,5
Приймальний клапан з сіткою		5 – 8	Відгалуження при косому трійнику		1
Зворотний клапан		1,7	Відгалуження при вході в магістраль		0,5
Коліно з кутом 90° за нормальним сортаментом		0,5 – 0,6	Магістраль при відсутності витрати в відгалуженні		0,1
Коліно з кутом $\alpha$		$(0,5 - 0,6) \cdot \alpha / 90^\circ$	Відгалуження при з'єднанні або розділенні потоків		1,5
Вихід з труби в резервуар або канал під рівень		1	Хрестовина поворотна		3,0
Засувка паралельна, чавунна при повному відкритті		0,2 – 0,3	Хрестовина прохідна		2,0



техніко-економічного порівняння. Як правило, при застосуванні насосів для промивки фільтрів менша будівельна вартість станції, але дещо збільшені експлуатаційні витрати за рахунок використання більш енергомістких насосів.

При промивці фільтрів насосом ( рис.6.8 ) на станції встановлюється, як правило, два промивних насоси – один робочий і один резервний.



**Рис.6.8. Схема подачі води на промивку фільтра промивним насосом**

1 – швидкий фільтр; 2 – жолоби; 3 – промивний насос; 4 – РЧВ; 5 – трубопровід відведення брудної промивної води.

Продуктивність насоса, л/с

$$Q_{п.н.} = \omega \cdot F_1', \quad (6.45)$$

де  $\omega$  - інтенсивність промивки, л/(с·м<sup>2</sup>);

$F_1'$  - площа фільтрування швидкого фільтра, м<sup>2</sup>.

Напір промивного насосу, м

$$H_{п.н.} = H_{г.} + \sum h_{\phi} + h_{зап.} , \quad (6.46)$$



де  $\sum h_{\phi}$  - загальні втрати напору при промивці фільтра, м;

$h_{\text{зап}} = 1 \dots 3$  м - запас напору;

$H_{\Gamma}$  - геометрична висота підняття води, м, яка визначається за формулою

$$H_{\Gamma} = Z_{\text{ж}} - Z_{\text{низ}} \quad , \quad (6.47)$$

де  $Z_{\text{низ}}$  - відмітка пожежного об'єму води в РЧВ, м;

$Z_{\text{ж}}$  - відмітка верху жолоба фільтра, м

$$Z_{\text{ж}} = Z_{\text{з}} + H_{\text{пер}} + H_{\text{п.ш}} + H_{\text{з}} + H_{\text{ж}} \quad , \quad (6.48)$$

де  $Z_{\text{з}}$  - відмітка землі біля фільтрувального залу, м;

$H_{\text{пер}} = 0,15$  м - перевищення низу фільтра над поверхнею землі біля фільтрувального залу;

$H_{\text{п.ш}}$  - висота підтримуючих шарів, м;

$H_{\text{з}}$  - висота фільтруючої засипки, м;

$H_{\text{ж}}$  - відстань від поверхні фільтруючої засипки до верху жолоба, м.

При промивці фільтрів з використанням промивної башти, об'єм її бака, м<sup>3</sup>

$$W_{\text{б}} = 3,6 \cdot n_1 \cdot \omega \cdot F_1' \cdot t_1 \quad , \quad (6.49)$$

де  $n_1 = 2$  шт - кількість послідовних промивок, об'єм промивної води для яких повинен зберігатися в баці промивної башти;

$t_1$  - тривалість промивки швидкого фільтра, год.

Відмітка дна бака промивної башти, м

$$Z_{\text{б}} = Z_{\text{ж}} + \sum h_{\phi} + H_{\text{зап}} \quad . \quad (6.50)$$



Вода в бак подається насосом (один робочий, один резервний) з трубопроводу фільтрованої води. Подача насоса, м<sup>3</sup>/год

$$Q_{\text{н}} = \frac{W_{\text{б}} \cdot n_{\text{пр}} \cdot N_{\text{ф}} \cdot K_{\text{зап}}}{n_1 \cdot T_1}, \quad (6.51)$$

де  $n_{\text{пр}}$  - кількість промивок одного фільтра за добу, шт;

$N_{\text{ф}}$  - кількість фільтрів, шт;

$K_{\text{зап}} = 1,5 \dots 2,0$  - коефіцієнт запасу;

$T_1 = 8 \dots 16$  год - тривалість роботи насоса упродовж доби.

Напір насоса для подачі води в бак промивної башти, м

$$H_{\text{н}} = H'_{\text{г}} + \sum h'_{\text{ф}} + H_{\text{зап}}, \quad (6.52)$$

де  $\sum h'_{\text{ф}}$  - сума втрат напору від насоса до бака з врахуванням запасу на перелив, але, оскільки в загальному випадку насос качає невелику кількість води по трубопроводу великого діаметра, то можна прийняти  $\sum h'_{\text{ф}} = 1 \dots 2$  м;

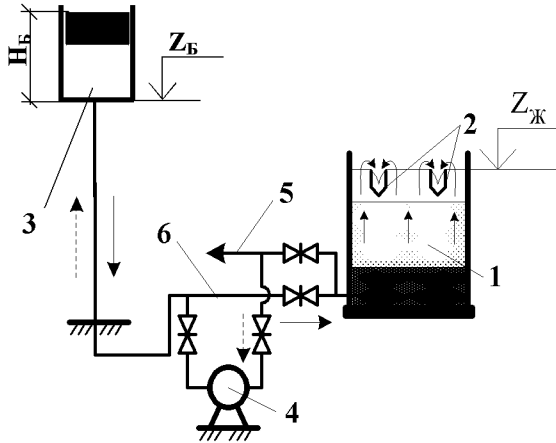
$H'_{\text{г}}$  - геометрична висота підняття води, м, яка залежить від точки підключення всмоктувального трубопроводу і, орієнтовно, може бути визначена за формулою

$$H'_{\text{г}} = Z_{\text{б}} + H_{\text{б}} - Z_{\text{зем}}, \quad (6.53)$$

де  $H_{\text{б}}$  - висота шару води у баці промивної башти, м

$$H_{\text{б}} = \sqrt[3]{4 \cdot W_{\text{б}} \cdot K^2 / \pi}, \quad (6.54)$$

де  $K = 0,5 \dots 1,2$  - відношення висоти води в баці до його діаметру.



**Рис.6.9. Схема подачі води на промивку фільтра з бака промивної башти**

1 – швидкий фільтр; 2 – жолоби; 3 – бак промивної башти; 4 – насос підкачки; 5 – трубопровід відведення фільтрату; 6 – трубопровід подачі води на промивку

Перед засипкою кварцевого піску в фільтр його необхідно очистити від домішок та отримати потрібний гранулометричний склад. З цією метою передбачається піскове господарство, де здійснюється підготовка піску для початкової засипки у всі фільтри та щорічної досипки в фільтри у розмірі 10% від загального об'єму піщаного фільтрувального матеріалу.

Об'єм початкової піщаної засипки в фільтри, м<sup>3</sup>

$$W_{\text{п}} = K_y \cdot N_{\Phi} \cdot F'_{\Phi} \cdot H_3, \quad (6.55)$$

де  $K_y = 1,1 \dots 1,2$  - коефіцієнт ущільнення засипки;

$N_{\Phi}$  – розрахункова кількість швидких фільтрів;

$F'_{\Phi}$  - площа поперечного перерізу фільтра, м<sup>2</sup>;

$H_3$  – висота засипки швидкого фільтра, м.





Річний об'єм щорічної досипки, м<sup>3</sup>

$$W_d = 0,1 \cdot W_{\Pi} \quad (6.56)$$

Потреба в кар'єрній сировині для початкової засипки у фільтри, м<sup>3</sup>

$$W_{к.п} = W_{\Pi} \cdot 100/m \quad (6.57)$$

де  $m = 50...60\%$  – процентний вміст піску необхідної фракції в кар'єрній сировині.

Потреба в кар'єрній сировині для щорічної досипки у фільтри, м<sup>3</sup>

$$W_{к.д} = W_d \cdot 100/m \quad (6.58)$$

Для складування кар'єрної сировини передбачають заасфальтований майданчик. Площа заасфальтованого майданчика, м<sup>2</sup>

$$S_m = W_{к.д}/h_{\Pi} \quad (6.59)$$

де  $h_{\Pi} = 0,5\text{м}$  - висота шару кар'єрної сировини.

Сортування піску може виконуватися на гідрокласифікаторах, пневмокласифікаторах, ситових грохотах, сортувальних машинах.

Час роботи класифікатора, год

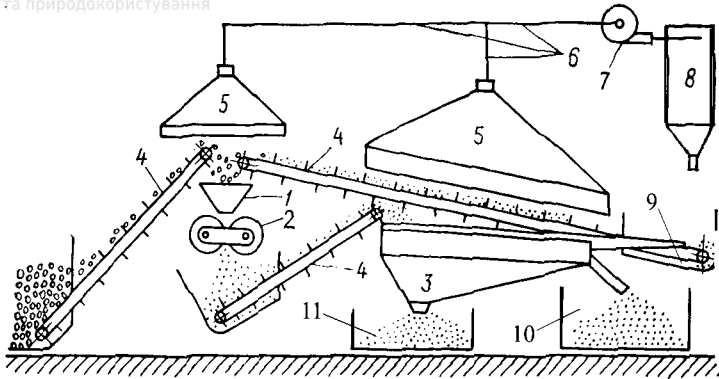
- при початковій засипці фільтрів

$$t_k = W_{к.п}/\Pi \quad (6.60)$$

де  $\Pi$  - продуктивність класифікатора, м<sup>3</sup>/год. При використанні гідрокласифікатора ТКП-4  $\Pi = 5$  м<sup>3</sup>/год вихідної сировини, пневмокласифікатора ПК-1М –  $\Pi = 10...12$  м<sup>3</sup>/год.,

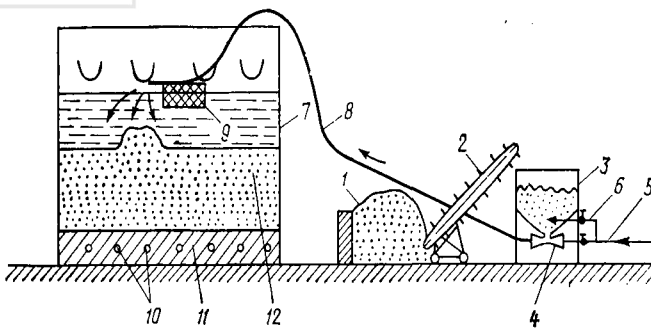
- для щорічної досипки

$$t_k = W_{к.д}/\Pi \quad (6.61)$$



**Рис. 6.10. Схема установки для приготування фільтрувального матеріалу**

1 – живильник; 2 – валкова дробарка; 3 – ситовий грохот; 4 – транспортер; 5 – зонти відбору пилу; 6 – аспіраційні лінії; 7 – витяжний вентилятор; 8 – циклон для знеплення відібраного повітря; 9 – зернистий матеріал на повторне подрібнення; 10 – готова продукція; 11 – відходи



**Рис. 6.11. Схема гідравлічної засипки зернистого матеріалу в швидкий фільтр**

1 – зернистий матеріал; 2 – транспортер; 3 – бункер; 4 – гідроелеватор; 5 – подача води; 6 – подача води на розпушення засипки; 7 – фільтр; 8 – пульпопровід; 9 – поплавок; 10 – дренаж; 11 – підтримуючі шари; 12 – фільтрувальний шар



Відсортований пісок може зберігатися в залізобетонних місткостях, які встановлюються в фільтрувальному залі. Подача фільтрувального матеріалу та підтримуючих шарів у фільтри на станціях малої продуктивності виконується вручну, а на більших доцільно використовувати гідротранспорт з водоструменевими або пісковими насосами з витратами води від 8 до 15 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> матеріалу. Діаметр транспортуючих трубопроводів визначається із розрахункової швидкості руху пульпи 1,5...2,5 м/с і не повинен бути меншим за 50 мм.

На рис. 6.11 показана схема гідравлічної засипки зернистого матеріалу у фільтр. Пульпа повинна подаватися в заповнений водою фільтр, що запобігає надлишковому ущільненню засипки. Фільтрувальний матеріал необхідно подавати шарами по 0,3...0,5 м, ретельно промиваючи кожен шар. Після завантаження фільтра необхідно промити засипку, прохлорувати, знову промити. Пуск фільтрувальних споруд в експлуатацію проводиться у відповідності з діючими правилами технічної експлуатації водопроводів.

**Приклад 1.** Розрахувати швидкі фільтри з засипкою з кварцевого піску.

**Вихідні дані.** Корисна продуктивність водоочисної станції  $Q_k = 8000 \text{ м}^3/\text{добу}$ , станція працює цілодобово.

**Розрахунок.** В якості фільтруючої засипки прийнято кварцевий пісок діаметром: найменшим - 0,7 мм, найбільшим - 1,6 мм, еквівалентним - 1,0 мм, коефіцієнтом неоднорідності - 1,7, товщиною шару  $H_3 = 1,4 \text{ м}$ .

Розрахункова швидкість фільтрування  $V_H = 6 \text{ м/год}$  (у форсованому режимі  $V_H = 7...9,5 \text{ м/год}$ ), інтенсивність водяної промивки цієї засипки  $\omega = 14 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ , тривалість промивки  $t = 6 \text{ хв} = 0,1 \text{ год}$ , відносне розширення засипки  $e = 30\%$ . Питомі витрати води на одну промивку  $q_{\text{штг}} = 3,6 \cdot 14 \cdot 0,1 = 5,04 \text{ м}^3/\text{м}^2$ . Кількість промивок на добу  $n_{\text{пр}} = 2$ .

Потрібна площа фільтрів

$$F_{\text{ф}} = \frac{8000}{24 \cdot 6 - 2 \cdot 5,04 - 2 \cdot 0,33 \cdot 6} = 61,56 \text{ м}^2.$$



Кількість фільтрів  $N_{\Phi} = 0,5 \cdot \sqrt{61,56} = 4$  шт. Швидкість у форсованому режимі  $V_{\Phi} = 6 \cdot 4 / (4 - 1) = 8$  м/год, що лежить в допустимих межах (табл. 6.2).

Потрібна площа одного фільтра  $F_1 = 61,56 / 4 = 15,4$  м<sup>2</sup>. Прийнято трубчасту дренажну систему з центральним каналом (рис. 6.5 в). Прийнявши розміри фільтра в плані в осях  $A \times B = 6,0 \times 3,0$  м, площа фільтрування становитиме

$$F'_1 = (6 - 0,2) \cdot (3 - 0,2) = 16,24 \text{ м}^2 > F_1.$$

Витрати промивної води на весь фільтр  $q_{\text{пр}} = 16,24 \cdot 14 = 227,4$  л/с.

Приймаємо умовний діаметр колектора розподільчої системи  $D_y = 500$  мм (розрахункова швидкість руху води  $V_p = 1,09$  м/с), зовнішній діаметр  $D_K^{30B} = 530$  мм, розрахунковий діаметр  $D_K^{BH} = 516$  мм (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91).

Відстань між відгалуженнями приймаємо  $m = 0,3$  м. Загальна кількість відгалужень  $n_B = 2 \cdot (3 - 0,2) / 0,3 = 18$  шт. Тоді, відстань між відгалуженнями становитиме  $m = 2 \cdot (3 - 0,2) / 18 = 0,311$  м.

Площа дна фільтра, яка припадає на одне відгалуження  $f_B = (6 / 2 - 0,2) \cdot 0,311 = 0,87$  м<sup>2</sup>. Витрати води, які проходять через одне відгалуження  $q_B = 0,87 \cdot 14 = 12,18$  л/с. Приймаємо умовний діаметр відгалужень розподільної системи  $D_y = 80$  мм (розрахункова швидкість руху води  $V_p = 1,81$  м/с), зовнішній діаметр  $d_B^{30B} = 102$  мм,  $d_B^{BH} = 95$  мм (труби сталеві електрозварні, згідно ГОСТ 10704-91).

У відгалуженнях зроблено отвори діаметром  $d_0 = 12$  мм ( $f_0 = 0,000113$  м<sup>2</sup>). Загальна площа отворів  $\Sigma f_0 = 0,25 \cdot 16,24 / 100 = 0,041$  м<sup>2</sup>. Кількість отворів у відгалуженнях  $n_0 = 0,041 / 0,000113 = 363$  шт, приймаємо кратною кількості відгалужень, тобто  $n_0 = 360$  шт. Кількість отворів на одне відгалуження  $n_0^{\text{від}} = 360 / 18 = 20$  шт. Довжина кожного відгалуження  $l_B = (6 - 0,2 - 0,53) / 2 = 2,64$  м.

Відстань між осями сусідніх отворів  $e_0 = 2,64 / 20 = 0,13$  м. Отвори розміщуються у два ряди в шаховому порядку під кутом  $45^\circ$



до вертикальної лінії труби.

Для збору промивної води передбачаються жолоби п'ятикутного перерізу ( $K=2.1$ ) кількістю  $n_{ж} = 3 \cdot 2 / 2,2 = 2,7$ . Прийнято  $n_{ж}=4$  шт. (округлюється в бік більшого значення, кратного 2). Витрати промивної води на один жолоб  $q_{ж} = 10^{-3} \cdot 227,4 / 4 = 0,0568 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Ширина жолоба  $B_{ж} = 2,1 \cdot \sqrt[5]{0,0568^2 / (1,57 + 1)^3} = 0,4 \text{ м}$ . При цьому відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини ширини приймаємо  $a=1$ . Висота прямокутної частини  $h_{пр} = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ м}$ , трикутної  $h_{тр} = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ м}$ . Конструктивна висота жолоба  $h_{ж}^k = 0,2 + 0,2 + 0,08 = 0,48 \text{ м}$ . Прийнявши ширину каналу  $B_k = 0,8 \text{ м}$ , отримуємо відстань від дна жолоба до дна центрального каналу

$H_k = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,2274^2}{9,81 \cdot 0,8^2}} + 0,2 = 0,55 \text{ м}$ . Відстань від поверхні

засипки до кромки жолоба  $H_{ж} = \frac{1,4 \cdot 30}{100} + 0,3 = 0,72 \text{ м}$ . Низ жолоба розташовується вище поверхні засипки на  $0,72 - 0,48 = 0,24 \text{ м}$  (повинно бути не менше  $0,05 \text{ м}$ ).

Витрати води на промивку фільтрів

$$P = \frac{8640 \cdot 14 \cdot 16,24 \cdot 0,1 \cdot 4}{8000 \cdot (24 / 2 - 0,1 - 0,33)} = 8,5 \%$$

Підтримуючі шари виконано з щебеню та піску різної крупності:

Товщина шару, м	Крупність щебеню, мм
$h_1=0,1$	2,0...1,2
$h_2=0,05$	5...2
$h_3=0,1$	10...5
$h_4=0,1$	20...10
$h_5=0,1+0,102+0,088=0,29$	40...20

Загальна висота підтримуючих шарів  $H_{п.ш.} = 0,64 \text{ м}$ .

Об'єм води, який накопичується під час простою фільтра, що промивається  $W_0 = 8000 \cdot (0,1 + 0,33) / 24 = 144 \text{ м}^3$ .

Тоді додаткова висота шару води у фільтрі становитиме



$H_{\text{лод}} = 144 / (16,24 \cdot (4 - 1)) = 2,96 \text{ м}$ . Прийнявши висоту шару води над поверхнею засипки  $H_{\text{в}} = 3,0 \text{ м}$ , висоту запасу  $H_{\text{зап}} = 0,5 \text{ м}$ , отримаємо загальну будівельну висоту швидкого фільтра

$$H_{\text{ф}}^{\text{буд}} = 2,0 + 0,5 + 1,4 + 0,64 + 3,0 = 6,54 \text{ м}.$$

**Приклад 2.** Використовуючи вихідні дані та розрахунки попереднього прикладу, визначити втрати напору при промивці фільтра та розрахувати пристрої для промивки.

**Розрахунок.** Визначаємо втрати напору при промивці фільтра:  
а) у розподільній системі:

коефіцієнт перфорації  $k_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 0,000113}{3,14 \cdot 0,095^2} = 0,32 ;$

коефіцієнт гідравлічного опору  $\xi = \frac{2,2}{0,32^2} + 1 = 21,5 ;$

втрати напору  $h_{\text{р.с.}} = 21,5 \cdot \frac{1,09^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1,81^2}{2 \cdot 9,81} = 1,47 \text{ м};$

б) втрати напору в фільтруючому шарі

$$h_{\text{ф}} = (0,85 + 0,004 \cdot 14) \cdot 1,4 = 1,27 \text{ м};$$

в) втрати напору у підтримуючих шарах

$$h_{\text{п.ш.}} = 0,022 \cdot 0,64 \cdot 14 = 0,20 \text{ м}.$$

г) втрати напору по довжині трубопроводу, який подає промивну воду (його діаметр  $d=400 \text{ мм}$ ,  $v=1,68 \text{ м/с}$ ,  $q_{\text{пр}}=227,4 \text{ л/с}$ , довжина  $l=70 \text{ м}$ ),

$$h_{\text{п.тр.}} = 9,49 / 1000 \cdot 70 = 0,66 \text{ м};$$

д) втрати напору на місцеві опори (вхід в трубу  $\xi=0,5$ ; 3 коліна  $\xi=3 \cdot 0,6=1,8$ ; 3 трійника на прохід  $\xi=3 \cdot 0,1=0,3 \text{ м}$ ; 2 засувки  $\xi=2 \cdot 0,3=0,6$ )

$$h_{\text{м.о.}} = (0,5 + 1,8 + 0,3 + 0,6) \cdot \frac{1,68^2}{2 \cdot 9,81} = 0,46 \text{ м}.$$

Загальні втрати напору при промивці

$$\Sigma h_{\text{ф}} = 1,47 + 1,27 + 0,20 + 0,66 + 0,46 = 4,06 \text{ м}.$$

Промивка виконується з водонапірної бапти з місткістю бака

$$W_{\text{б}} = 3,6 \cdot 2 \cdot 14 \cdot 16,24 \cdot 0,1 = 164 \text{ м}^3.$$



Приймаємо бак місткістю  $W_6 = 200 \text{ м}^3$ , висота шару води  $H_B = \sqrt[3]{4 \cdot 164 \cdot 1^2 / 3,14} = 5,93 \text{ м}$ , діаметр  $D = 6,0 \text{ м}$ .

При відмітці землі біля фільтрувального залу  $Z_3 = 20,0 \text{ м}$ , відмітка верху жолоба фільтра  $Z_{ж} = 20 + 0,15 + 0,64 + 1,4 + 0,72 = 22,91 \text{ м}$ . Тоді відмітка дна бака  $Z_6 = 22,91 + 4,06 + 2,0 = 28,97 \text{ м}$ .

Висота стовбура бапти  $H_{ст} = 28,97 - 20,0 = 8,97 \text{ м} \approx 9,0 \text{ м}$ .

Насос, який подає воду в бак, має подачу

$$q_n = 164 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1,5 / (2 \cdot 16) = 62 \text{ м}^3/\text{год.},$$

напір насосу  $H_n = (28,97 + 5,93 - 20) + 4,06 + 1,5 = 20,46 \text{ м}$ .

Підбираємо насос марки **K-100-80-160** (подача 50...100 м<sup>3</sup>/год, напір 25,7...18,9 м).



### 6.3. Контактні прояснювачі

На контактні прояснювачі вихідна і промивна води подаються знизу і відводяться зверху, але промивна вода подається із значно більшими витратами. Згідно [21, п.6.130] швидкість фільтрування в контактних прояснювачах необхідно приймати (при очищенні води для господарсько-питних потреб менші швидкості фільтрування):

- без підтримуючих шарів при нормальному режимі 4,0...5,0 м/год, при форсованому – 5,0...5,5 м/год;
- із підтримуючими шарами при нормальному режимі 5,0... 5,5 м/год, при форсованому – 5,5... 6,0 м/год.

Згідно [21, п.6.131] загальна площа контактних прояснювачів, м<sup>2</sup>, визначається за формулою

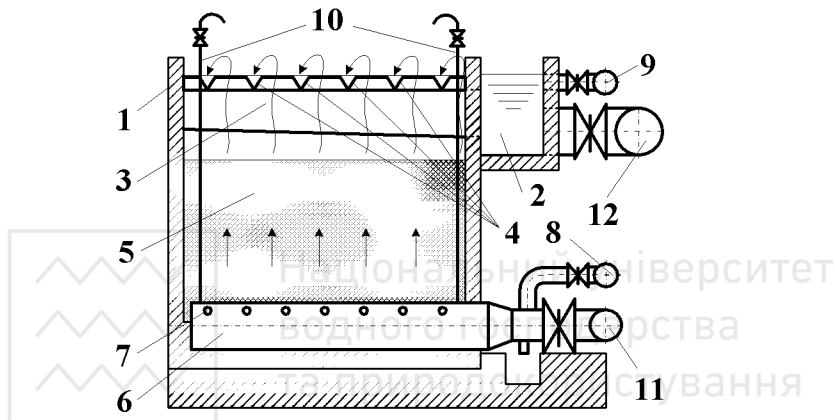
$$F_{к.п.} = \frac{Q_k}{T_{ст} \cdot V_n - n_{пр} \cdot (q_{пит} + \tau_{пр} \cdot V_n + \tau_{ст} \cdot V_n / 60)}, \quad (6.62)$$

де  $\tau_{ст}$  - тривалість скиду першого фільтрату, хв. Приймається згідно [21, п.6.133] або табл. 6.6, 6.7, інші позначення як у формулі 6.3.

Згідно [21, п.6.132] промивку контактних прояснювачів дозволяється проводити неочищеною водою, але її каламутність не



повинна бути більше 10 мг/л, колі-індекс – до 1000, вона повинна бути попередньо оброблена на барабанних сітках (або мікрофільтрах) і незаражена. При використанні очищеної води необхідно передбачати розрив струменя перед подачею води в місткість для зберігання промивної води. Безпосередня подача води на промивку з трубопроводів та РЧВ не допускається.



**Рис.6.12. Схема контактного прояснювача**

1 - корпус; 2 – боковий канал; 3 – жолоб; 4 - трикутні водозливи; 5 – фільтруючі шари; 6 – колектор розподільної системи; 7 – відгалуження з отворами; 8 – трубопровід подачі води на очищення; 9 – трубопровід відведення фільтрату; 10 – повітряний стояк; 11 - трубопровід подачі промивної води; 12 – трубопровід відведення брудної промивної води.

Таблиця 6.6

**Режим водяної промивки контактних прояснювачів**

№ п/п	Показник	Од. вим.	Значення
1	Тривалість промивки	хв.	7...8
2	Інтенсивність подачі води	л/(с·м <sup>2</sup> )	15...18
3	Тривалість скиду першого фільтрату при промивці водою:		
	• очищеною	хв.	10...12
	• неочищеною	хв.	12...15





Таблиця 6.7

**Режим водоповітряної промивки контактних прояснювачів**

№ п/п	Показник	Од. вим.	Значення
1	Вспушення засипки повітрям		
	Інтенсивність подачі повітря	л/(с·м <sup>2</sup> )	18...20
	Тривалість подачі повітря	хв.	1...2
2	Спільна водоповітряна промивка		
	Інтенсивність подачі повітря	л/(с·м <sup>2</sup> )	18...20
	Інтенсивність подачі води	л/(с·м <sup>2</sup> )	3...3,5
	Тривалість операції	хв.	6...7
3	Додаткова промивка водою		
	Інтенсивність подачі води	л/(с·м <sup>2</sup> )	6...7
	Тривалість подачі води	хв.	5...7
4	Скид першого фільтрату		
	Тривалість скиду при промивці водою:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очищеною хв. 5...10</li> <li>• неочищеною хв. 10...15</li> </ul>	

Згідно [21, п.6.129] контактні прояснювачі при промивці водою передбачаються без підтримуючих шарів, а при водоповітряній промивці – із підтримуючими шарами. Параметри засипки контактних прояснювачів наведено в табл.6.8.

Таблиця 6.8

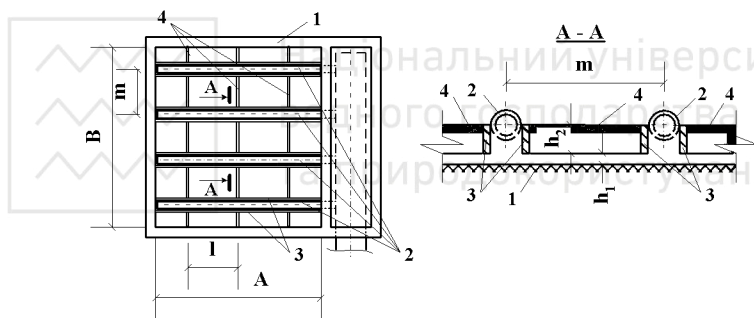
**Параметри засипки контактних прояснювачів**

Показник зерен гравію і піску	Висота гравійних і піщаних шарів, м	
	без підтримуючих шарів	із підтримуючими шарами
Крупність, мм:		
40...20	--	0,2...0,25
20...10	--	0,1...0,15
10...5	--	0,15...0,2
5...2	0,5...0,6	0,3...0,4
2...1,2	1,0...1,2	1,2...1,3
1,2...0,7	0,8...1,0	0,8...1,0
Еквівалентний діаметр зерен піску, мм	1,0...1,3	1,0...1,3



Для контактних прояснювачів з підтримуючими шарами верхня межа гравію крупністю 40...20 мм повинна бути на рівні верху труби розподільної системи. Загальна висота засипки не повинна перевищувати 3,0 м.

Згідно [21, п.6.134] в контактних прояснювачах без підтримуючих шарів повинна передбачатися розподільна система з привареними уздовж дірчастих труб бічними шторками, між якими приварюються поперечні перегородки, що розділяють підтрубний простір на комірки. Отвори в дірчастих трубах потрібно розташовувати в два ряди в шаховому порядку, вони повинні бути направлені вниз під кутом  $30^\circ$  до вертикальної осі труби. Діаметр отворів – 10...12 мм, відстань між осями в ряду – 150...200 мм. Параметри розподільної системи приведені в табл.6.9.



**Рис.6.13. Схема влаштування безгравійної трубчастої вічкової розподільної системи**

1 – корпус контактного прояснювача; 2 – відгалуження; 3 – шторки ( $t_{ст}=0,01$  м); 4 – поперечні перегородки ( $t_{ст}=0,01$  м).

В контактних прояснювачах без підтримуючих шарів збір промивної води необхідно передбачати жолобами, параметри яких розраховуються за формулами 6.23 – 6.32, [21, п.6.135]. При цьому, над кромками жолобів необхідно передбачати пластини з трикутними вирізами висотою та шириною по 50...60 мм, відстанню між їх осями 100...150 мм.

В контактних прояснювачах із підтримуючими шарами та водоповітряною промивкою необхідно застосовувати трубчасті розподільні системи для подачі води та повітря і систему



горизонтального відведення промивної води ([21, п.6.134]), яка зображена на рис.6.14.

Таблиця 6.9

**Параметри розподільної системи контактних прояснювачів**

Діаметр труб відгалужень, $d_{в}$ , мм	Відношення сумарної площі отворів до площі прояснювача, %	Відстань, мм			
		між осями труб відгалужень, $m$	від дна прояснювача до низу шторок, $h_1$	від низу шторок до осі труб відгалужень, $h_2$	між поперековими перегородками, $l$
75	0,28 - 0,30	240 - 260	100 - 120	155	300 - 400
100	0,26 - 0,28	300 - 320	120 - 140	170	400 - 600
125	0,24 - 0,26	350 - 370	140 - 160	190	600 - 800
150	0,22 - 0,24	440 - 470	160 - 180	220	800 - 1000

*Примітки: 1. Швидкість води на вході в труби відгалужень при промивці необхідно приймати 1,4...1,8 м/с.*

*2. Більшим відстаням між осями труб відповідають більші відстані від дна прояснювача до низу шторок.*

Піскоуловлювальний жолоб влаштовується з врахуванням недопущення попадання в нього повітря. Частинки піску, які виносяться промивним потоком в зону жолоба, осідають на похилих стінках і, сповзаючи по ним через нижню щілину, потрапляють в засипку. Основні розрахунково-конструктивні параметри системи горизонтального відведення води залежать від питомої витрати води, л/(с·м)

$$q = \omega \cdot A, \tag{6.63}$$

де  $\omega$  - інтенсивність подачі промивної води, л/(с·м<sup>2</sup>). Приймається для другого етапу промивки, тобто для водоповітряної промивки;

$A$  - довжина горизонтального руху потоку води, м. Приймається рівною довжині контактного прояснювача.



Згідно [21, п.6.126] на станціях контактної прояснення води передбачаються сітчасті барабанні фільтри та контактний резервуар.

Сітчасті барабанні фільтри використовуються для видалення із води крупних плаваючих та завислих речовин (барабанні сітки), а для видалення вказаних домішок і планктону – мікрофільтри (табл. 6.11), які згідно [21, п.6.11] необхідно встановлювати до введення реагентів у воду.

Таблиця 6.10

**Розміри основних елементів системи горизонтального відведення промивної води**

Різниця відміток, мм	Витрата води на 1 м ширини водозливу, л/(с·м)			
	10	15	20	25
Між верхньою та нижньою кромками водозливної стінки, <b>e</b>	170	210	260	320
Між верхніми кромками водозливної та відбійної стінок, <b>d</b>	20	20	20	25



Мікрофільтр являє собою барабан, на який натягнуті мікросітки з нікелю, монель-металу, латуні, фосфористої бронзи. Розміри комірок 40 мкм. Швидкість обертання барабанів мікрофільтрів 0,1...0,5 м/с. Барабани занурюються на 2/3 діаметра в камеру, яка слугує для збору води, що пройшла мікрофільтр. Швидкість фільтрації приймається рівною 10...25 л/с на 1 м<sup>2</sup> корисної площі мікросітки, зануреної у воду. Витрата води на промивку мікрофільтрів складає 1,5 %, а барабанних сіток – 0,5 % розрахункової продуктивності. Вода для промивки сіток подається під напором 0,15...0,2 МПа. Трубопровід промивної води розраховується на пропуск 5 % води від розрахункової продуктивності. Мікрофільтри затримують 45...75 % діатомових та 60...95 % синьо-зелених водоростей. Зоопланктон із води видаляється повністю.

Таблиця 6.11.

**Характеристики мікрофільтрів і барабанних сіток**

Типорозмір (діаметр, м x кількість секцій, шт)	Умовні розміри барабана (діаметр, м x довжина, м)	Орієнтовна продуктивність, тис. м <sup>3</sup> /добу	
		мікрофільтри	барабанні сітки
1,5 x 2	1,5 x 1,9	7	20 (30)
1,5 x 3	1,5 x 2,8	10	30 (40)
1,5 x 4	1,5 x 3,7	13,5	40 (50)
3 x 3	3 x 2,8	26	60 (80)
3 x 4	3 x 3,7	35	80 (100)
3 x 5	3 x 4,6	44	100 (120)

Перша цифра – продуктивність барабанних сіток при обробці сильнозабрудненої води, в дужках – при обробці мало- та середньозабрудненої води.

Згідно [21, п.6.12] кількість резервних барабанних фільтрів необхідно приймати:

- 1 – при кількості робочих агрегатів 1...5;
- 2 – при кількості робочих агрегатів 6...10;
- 3 – при кількості робочих агрегатів 11 і більше.

Контактний резервуар повинен складатися з двох секцій. Загальний об'єм контактного резервуару, м<sup>3</sup>



$$W_{к.р.} = q_{Г} \cdot t / 60, \quad (8.64)$$

де  $q_{Г}$  - повна продуктивність водоочисних споруд,  $м^3/год$ ;

$t = 15 \dots 20$  хв - час перебування води в контактному резервуарі.

**Приклад.** Підібрати розміри контактних прояснювачів і блок вхідних пристроїв.

**Вихідні дані.** Корисна продуктивність водоочисної станції  $Q_{к} = 4000 \text{ м}^3/добу$ , працює цілодобово.

**Розрахунок.** На станції передбачається один робочий і один резервний мікрофільтри діаметром 1,5 м, продуктивністю  $4000 \text{ м}^3/добу$  кожний, довжина камери 2,1 м. Місткість контактної камери

$$W_{к} = \frac{4000 \cdot 20}{24 \cdot 60} = 56 \text{ м}^3.$$

Камера приймається рівною ширині мікрофільтра -  $b_{м.ф} = 2,1 \text{ м}$ . Поперечний переріз камери  $F_{к} = 56 / 2,1 = 27 \text{ м}^2$ . Камера має три вертикальні перегородки, які забезпечують поворот потоку на  $180^\circ$ . Відстань між перегородками  $L = 1,5 \text{ м}$ , довжина камери  $l_{к} = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ м}$ , висота  $H_{к} = 27 / 4,5 = 6 \text{ м}$ .

Перша перегородка не доходить до максимального рівня води, а друга - до дна на висоту  $0,9 \text{ м}$ . Діаметри трубопроводів, які підводять воду до камери,  $d = 700 \text{ мм}$  ( $V = 1,19 \text{ м/с}$ ).

Потрібна площа контактних прояснювачів

$$F_{к.п.} = \frac{4000}{24 \cdot 4 - 2(7,2 + 4 \cdot 0,33 + 4 \cdot 0,2)} = 51,7 \text{ м}^2.$$

Питомі витрати води  $q_{штг} = 3,6 \cdot 15 \cdot 8 / 60 = 7,2 \text{ м}^3/м^2$ .

Кількість промивок  $n_{пр} = 2$ , тривалість випуску першого фільтрату  $\tau_{ст} = 12 \text{ хв} = 0,2 \text{ год}$ , тривалість простою прояснювача  $\tau_{пр} = 0,33 \text{ год}$ .

Кількість контактних прояснювачів  $n_{к.п.} = 0,5 \sqrt{32,9} = 3,6$ .

Приймаємо кількість контактних прояснювачів мінімально допустимою  $n'_{к.п.} = 4$ .

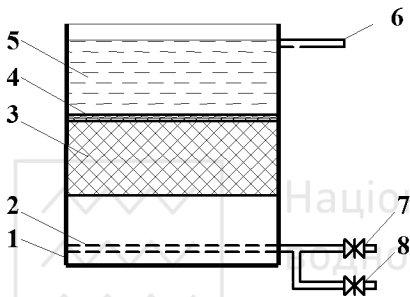
Потрібна площа одного прояснювача  $F_{1к.п.} = 51,7 / 4 = 12,9 \text{ м}^2$ .

Приймаємо контактні прояснювачі розміром  $3 \times 5 \text{ м}$  площею  $F_{1к.п.} = 15 \text{ м}^2$ .



## 6.4. Пінополістирольні фільтри

Пінополістирольні фільтри з висхідним фільтраційним потоком (рис. 6.15) можуть працювати по одноступеневій схемі (контактні фільтри), коли вода надходить на фільтр після вертикального змішувача, а також по двоступеневій - коли вода потрапляє на фільтри після відстійника або прояснювача з завислим шаром осаду.



**Рис.6.15. Схема пінополістирольного фільтра з висхідним фільтраційним потоком**

1-корпус; 2- розподільна система; 3- пінополістирольна засипка; 4 – утримуюча решітка; 5- надфільтровий простір; 6- відвід чистої води; 7- подача вихідної води; 8- відвід промивної води

Пінополістирол є принципово новою засипкою, яка плаває у воді й у фільтрі утримується в притопленому стані. Перший патент на полімеризацію полістиролу був отриманий у Німеччині в 1911 році, а в 1920 році почалося його промислове виробництво. У колишньому Радянському Союзі виробництво полістиролу почалося в післявоєнні роки. Пінополістирол використовується практично у всіх галузях народного господарства, як звуко – і теплоізоляційний матеріал, а полістирол - як матеріал, що замінює метал, картон і тощо.

Використання пінополістиролу в практиці водопідготовки почалося практично після видачі В.Г.Ільїну, С.І.Морозу, І.А.Гетьману авторського посвідчення 192756/1043439 від 15 грудня 1965 року на “Фільтр для очищення води”. У фільтрі пропонувалося використовувати засипку, що плаває, із суспендованого полістиролу для спучування марок ПСВ (ПСБ), ПСВ-с (ПСБ-с), діаметром від 0,2 до 3,0мм. Цей полістирол випускається Кусковським хімічним заводом Московської області, Горловським ВО “Стирол”, Ангарським хімічним комбінатом, Узловським заводом пластмас.



Гранульований пінополістирол отримують з товарного продукту полістиролу обробкою гарячою водою або паром. Товарний полістирол марок, що спінюється, ПСВ-с, ПСВ-б, ПСВ випускається промисловістю у вигляді сферичних часток, безбарвних або світло-білих, що містять 4,0...4,5 % пароутворювача, стирилу 0,25...0,30%. При домовленості з замовником його можуть поставлять розсіяним на фракції: 1 - більше 2,5мм; 2 - від 1,4 до 2,5мм; 3 - від 0,9 до 1,4мм; 4 - від 0,4 до 0,9мм; 5 - менш 0,4мм. У промисловості мономер стирилу отримують полімеризацією мономера, наприклад, формальдегіду, є спосіб прямого піролізу нафти. Товарний полістирол тоне у воді, але після обробки паром або гарячою водою стає плаваючим зі щільністю 0,02...0,1т/м<sup>3</sup> (на використання полістиролу як фільтруючої засипки фільтрів для очищення води є дозвіл Міністерства охорони здоров'я). При цьому, фільтр перед подачею води споживачеві повинен бути промитий водою упродовж 10 годин. В наслідок першої промивки з достатньою інтенсивністю відбувається гідравлічне сортування гранул із розташуванням більш дрібних гранул нижче по висоті фільтра. Великі фракції полістиролу до спучування можуть бути подрібнені, а потім - спінені. Такі гранули називаються подрібненим пінополістиролом. Пінополістирольна засипка може бути одношаровою або двошаровою.

Загальна площа фільтрів, м<sup>2</sup>

$$F_{\phi} = \frac{Q}{TV_{\phi}^H + 3,6n_{\text{пр}}\omega t_1 + n_{\text{пр}}t_2V_{\phi}^H}, \quad (6.64)$$

де  $Q$  – корисна продуктивність станції, м<sup>3</sup>/добу;

$T$  – тривалість роботи станції упродовж доби, год;

$V_{\phi}^H$  – розрахункова швидкість фільтрування в нормальному режимі, м/год;

$n_{\text{пр}} = 1...3$  – кількість промивок одного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації;

$\omega$  – інтенсивність промивки, л/(с·м<sup>2</sup>);

$t_1$  - тривалість промивки, год;

$t_2$  - тривалість простою фільтра у зв'язку з промивкою (0,17 год).





В формулі приймається розрахункова швидкість фільтрування в нормальному режимі згідно таблиці 6.12, інтенсивність та тривалість промивки – згідно таблиці 6.13.

Таблиця 6.12

**Рекомендовані параметри засипки і швидкості фільтрування пінополістирольних фільтрів з висхідним фільтраційним потоком**

Реагентна схема	Характеристика фільтруючого шару					Швидкість фільтрування, м/год, при режимах	
	Діаметр гранул, мм			Коефіцієнт неоднорідності	Товщина шару засипки, м	нормальному	форсованому
	найменший	найбільший	еквівалентний				
Одношарова пенева	0,5	1	0,7	1,7	0,7	6	9
	1	2	1,4	1,6	1	5	8
	1	1,25	1,1	1,1	1,0...1,2	6	9
	0,6/1,1	1/1,4	0,75/1,2	1,5/1,2	0,5/0,3	6	9 (двошарова)
Двошарова пенева	0,5	1,25	0,7...0,8	2...2,2	0,6	5	7,5
	0,75	1,25	0,9...1	1,8...2	1,2...1,4	7	9
	0,6/1,1	1/1,4	0,75/1,2	1,5/1,2	0,5/0,3	7	9 (двошарова)

Таблиця 6.13

**Параметри промивки фільтрів з плаваючою засипкою**

Еквівалентний діаметр, мм, при засипці	Відносне розширення засипки, %	Інтенсивність промивки, л/(с·м <sup>2</sup> )	Тривалість промивки, хв.
одношаровій: 0,65...0,75 0,9...1,0 1,1...1,3	45	10...12	4...3
	30	11...13	4...3
	25	12...14	4...3
двошаровій: 0,75/1,2	50	12...15	4...3



Кількість фільтрів визначається за формулою 6.5. Розміри фільтрів, виходячи з компоновання, приймаються 3x3; 4,5x4,5; 3x6; 6x6 м. Надфільтровий простір повинен бути спільним або взаємопов'язаним для 3 - 4 фільтрів.

Нижня дренажна система проектується трубчастою зі сталевих, пластмасових або азбестоцементних труб. Відстань між відгалуженнями дорівнює 0,3 м. Діаметр визначається за умов пропуску промивних витрат зі швидкістю 1,0...1,2 м/с. В нижній твірній під кутом 45° до вертикалі в шаховому порядку влаштовують отвори діаметром не менше 20 мм.

Сумарна площа отворів, м<sup>2</sup>

$$\sum f_0 = q_{\text{пр}} / (\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{пр}}}) , \quad (6.65)$$

де  $q_{\text{пр}}$  - витрати промивної води, м<sup>3</sup>/с;

$\mu=0,62$  - коефіцієнт витрати;

$H_{\text{пр}}$  - витрачений на промивку напір, м

$$H_{\text{пр}} = (0,5 + e/100) \cdot H_3 + 0,3 , \quad (6.66)$$

де  $e$  - відносне розширення засипки, %, приймається згідно табл. 6.13;

$H_3$  - висота засипки, м.

Утримуюча решітка встановлюється над дном на висоті, м, яка визначається за формулою

$$H_{\text{реш}} = \frac{(100 + e)H_3}{100} + 0,3 + D_{\text{к}} , \quad (6.67)$$

де  $D_{\text{к}}$  - діаметр колектора, м.

Решітка виготовляється з кутової сталі, з вічками розмірами 0,7x0,7 м, 1x1 м, які перекриваються латунною сіткою з комітками 0,5x0,5мм.



Висота надфільтрового простору, м

$$H_{н.п.} = \frac{t_1}{n'_ф} \cdot [3,6\omega - V_{ф}^н (n'_ф - 1)] + 0,2 \geq 0,5 \text{ м} \quad , \quad (6.68)$$

де  $n'_ф$  - кількість фільтрів, які мають взаємопов'язаний надфільтровий простір.

Верх корпусу фільтра повинен перевищувати максимальний рівень води в фільтрі на 0,5 м.

**Приклад.** Розрахувати контактні пінополістирольні фільтри.

**Вихідні дані.** Корисна продуктивність водоочисної станції  $Q_k = 4500 \text{ м}^3/\text{добу}$ , яка очищає воду каламутністю  $M_k = 50 \text{ мг/л}$ , кольоровістю  $K = 40 \text{ град.}$ ; станція працює цілодобово.

**Розрахунок.** Як засипка фільтра використовується пінополістирол діаметром: мінімальним 0,5 мм, максимальним 1 мм, еквівалентним 0,7 мм; коефіцієнт неоднорідності - 1,7, товщина шару  $H_3 = 0,7 \text{ м}$ . Швидкість фільтрування у нормальному режимі  $V_{ф}^н = 6 \text{ м/год.}$ , у форсованому  $V_{ф}^ф = 9 \text{ м/год.}$  Інтенсивність промивки засипки  $\omega = 10 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ , тривалість промивки  $t_1 = 4 \text{ хв} = 0,067 \text{ год}$ , відносне розширення  $e = 45 \%$ . Кількість промивок  $n_{пр} = 3$ .

Потрібна площа фільтрів

$$F_{ф} = \frac{4500}{24 \cdot 6 - 3,6 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 0,067 - 3 \cdot 0,17 \cdot 6} = 33,7 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів  $n_{ф} = 0,5\sqrt{33,7} = 3$ , приймаємо мінімально допустиму  $n_{ф} = 4$ . Потрібна площа одного  $F_1 = 33,7 / 4 = 8,4 \text{ м}^2$ . Приймаємо фільтри розміром  $3 \times 3 \text{ м}$ , площа одного  $F_{ф1} = 9 \text{ м}^2$ . Промивні витрати води  $q_{пр} = 9 \cdot 10 = 90 \text{ л/с}$ . Діаметр колектора  $D_k = 300 \text{ мм}$  ( $V = 1,17 \text{ м/с}$ ), він виконується зі сталевих труб.



Кількість відгалужень  $n = 3 \cdot 2 / 0,3 = 20$ .

Витрати промивної води на одне відгалуження  $q_{1в} = 90/20 = 4,5$  л/с.

Діаметр відгалуження  $d = 60$  мм ( $V = 1,16$  м/с). Отвори в відгалуженнях  $d_0 = 20$  мм ( $f_0 = 0,000314$  м<sup>2</sup>) виконують під кутом  $45^\circ$  до вертикалі в шаховому порядку.

$$\text{Сумарна площа отворів } \sum f_0 = \frac{0,09}{0,62 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,97}} = 0,03 \text{ м}^2.$$

Витрачений на промивку напір

$$H_{\text{пр}} = \left( 0,5 + \frac{45}{100} \right) 0,7 + 0,3 = 0,97 \text{ м.}$$

$$\text{Кількість отворів на одне відгалуження } n_{01} = \frac{0,033}{20 \cdot 0,000314} = 6.$$

$$\text{Крок між отворами } l_0 = \frac{3 - 0,3 - 0,2}{2 \cdot 6} = 0,21.$$

Утримуюча решітка розміщується на висоті

$$H_{\text{реш}} = \frac{100 + 45}{100} 0,7 + 0,3 + 0,3 = 1,62 \text{ м.}$$

Висота надфільтрового простору

$$H_{\text{н.п.}} = \frac{0,067}{4} [3,6 \cdot 10 - 6(4 - 1)] + 0,2 = 0,51 \text{ м.}$$

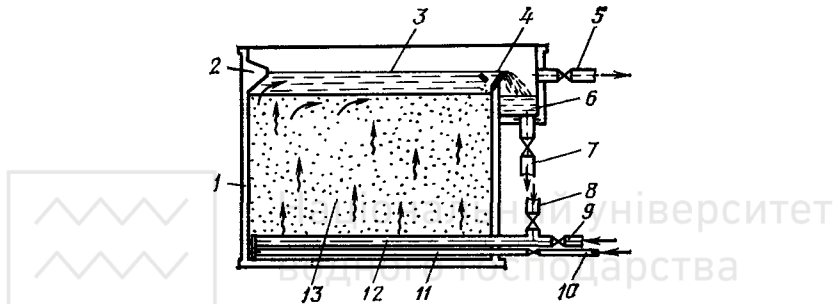
Повна висота фільтрів  $H_{\Phi} = 1,62 + 0,51 + 0,5 = 2,65$  м.

Діаметри трубопроводів, які подають вихідну воду на фільтри –  $D_1 = 300$  мм ( $q_1 = 62,4$  л/с,  $V_1 = 0,83$  м/с); на один фільтр –  $D_2 = 150$  мм ( $q_2 = 15,62$  л/с,  $V_2 = 0,8$  м/с); на відведення промивної води –  $D_3 = 300$  мм ( $q_3 = 108$  л/с,  $V_3 = 1,42$  м/с), на відведення фільтрату від фільтрів –  $D_4 = 125$  мм ( $q_4 = 15,62$  л/с,  $V_4 = 1,13$  м/с). Взаємопов'язаність надфільтрового простору забезпечується отвором розміром  $0,2 \times 0,4$  м ( $q_0 = 108$  л/с,  $V_0 = 1,35$  м/с), який зроблено вище утримуючої решітки.



### 6.5. Контактні префільтри

Контактні префільтри застосовуються при двоступеневому очищенні води перед швидкими фільтрами. Їх конструкція аналогічна конструкції контактних прояснювачів з підтримуючими шарами та водоповітряною промивкою. Згідно [21, п.6.141] площа контактних префільтрів визначається з врахуванням пропуску витрати води на промивку швидких фільтрів, тобто у формулу (6.3) підставляється повна добова продуктивність водоочисної станції.



**Рис. 6.16.** Схема контактного префільтра (контактного прояснювача з водоповітряною промивкою)

1 – корпус; 2 - струмененаправляючий виступ; 3 – прояснена вода; 4 – водозлив; 5 – відвід проясненої води; 6 – канал; 7 – скид промивної води; 8 – подача промивної води; 9 – подача води на очищення; 10 – подача повітря; 11, 12 – розподільні дірчасті труби повітря та води; 13 – зерниста засипка.

При відсутності технологічних вишукувань, основні параметри контактних префільтрів приймаються згідно [21, п.6.142]: висота шару піску при крупності зерен 5...2 мм – 0,5...0,6 м, 2...1 – 2,0...2,3 м, еквівалентний діаметр – 1,1...1,3 мм; швидкість фільтрування при нормальному режимі – 5,5...6,5 м/год., при форсованому – 6,5...7,5 м/год. Згідно [21, п.6.143] необхідно передбачати змішування фільтрату одночасно працюючих контактних префільтрів перед його подачею на швидкі фільтри.



## 7. ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ТА ДЕЗОДОРАЦІЯ ВОДИ

### 7.1. Загальні поняття

Знезаражування води здійснюється після її прояснення і знебарвлення. Метод знезаражування вибирають з урахуванням витрат і якості води, ефективності її очищення, умов постачання та зберігання реагентів, можливості автоматизації процесів та механізації трудомістких робіт. Для знезаражування води застосовують наступні методи:

- *безреагентні* — термічна обробка, ультрафіолетове опромінювання, обробка ультразвуком;
- *реагентні*, що ґрунтуються на введенні сильних окислювачів (хлор, озон, перманганат калію, хлорне вапно) та іонів срібла.

Дезодорація передбачає видалення з води органічних домішок, зниження інтенсивності запахів та присмаків і може проводитись аераційним, окислювальним та сорбційним способами.



### 7.2. Знезаражування хлором

На водоочисних станціях для покращення перебігу коагуляції і знебарвлення води за 1...3 хв до вводу коагулянту вводиться хлор дозою 3...10 мг/л (первинне хлорування), а на заключному етапі очистки перед резервуарами чистої води вводять хлор для знезаражування дозою 2...3 мг/л (вторинне хлорування). Годинні витрати хлору для первинного і вторинного хлорування окремо, кг/год, при використанні рідкого хлору

$$q_{г.Сl} = \frac{q_{г} \cdot D_{Сl}}{1000} \quad , \quad (7.1)$$

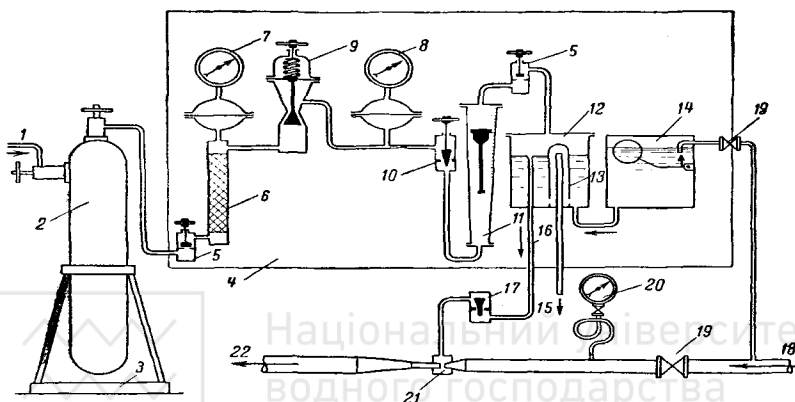
де  $q_{г}$  - повна годинна продуктивність очисної станції, м<sup>3</sup>/год;

$D_{Сl}$  - доза хлору, мг/л.

За годинними витратами хлору підбираються вакуумні хлоратори, найчастіше АХВ-1000 (раніше ЛОНІИ-100). Можливі діапазони продуктивності їх застосування – 0,5..12,8 кг/год. Загальні добові витрати хлору на станції, кг/добу

$$Q_{д.Сl} = (q_{Сl}^I + q_{Сl}^{II}) \cdot T_{Сl} \quad , \quad (7.2)$$

де  $Q_{Cl}^I$  - витрати хлору для первинного хлорування, кг/год;  
 $Q_{Cl}^{II}$  - те саме, для вторинного хлорування, кг/год;  
 $T_{Cl}$  - тривалість роботи хлоратора за добу, год.



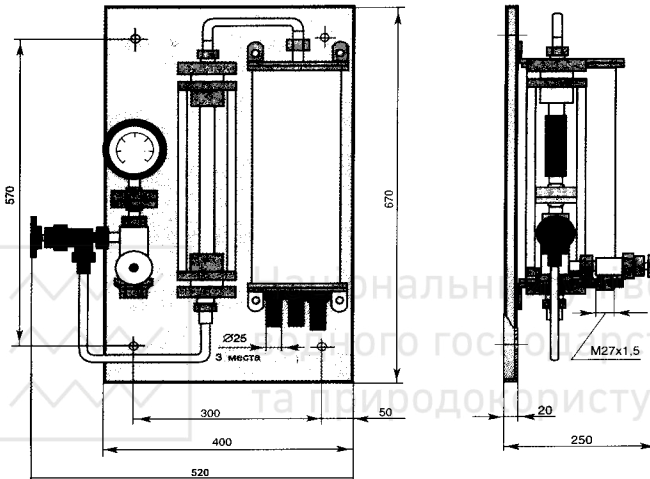
**Рис. 7.1. Схема вакуумного хлоратора АХВ-1000 (ЛОНИИ-100)**

1 – хлор-газ із витратного балона; 2 – балон-розширювач; 3 – стійка для балона; 4 – панель хлоратора; 5 – запірний вентиль; 6 – фільтр зі скляною ватою; 7- манометр високого тиску; 8 – манометр низького тиску; 9 – редукційний клапан; 10 – вентиль регулювання; 11 – ротаметр; 12 – змішувач; 13 – скляний ковпак; 14 – бачок постійного рівня; 15 – в атмосферу; 16 – хлорна вода до ежектора; 17 – зворотній клапан; 18 – питна вода; 19 – вентиль; 20 – манометр; 21 – ежектор; 22 – до місця дозування

Хлор-газ поступає з витратних балонів в проміжний балон 2 для очищення його від вологи, окалини і інших домішок, потім для тонкого очищення хлор-газ проходить через фільтр зі скляною ватою. У редукційному клапані 9 тиск його знижується. Регулювальний вентиль 10 служить для встановлення потрібного дозування хлору, витрата якого вимірюється ротаметром 11. У змішувачі 12 відбувається розчинення хлор-газу у воді, яка поступає в змішувач з бачка постійного рівня 14. У дно змішувача вмонтовані три патрубки: один - для відведення хлорної води або хлор-газу в ежектор 16, другий (у



центрі) - для підведення води з бачка, третій 15 - сполучає з атмосферою простір під скляним ковпаком 13 вище нормального рівня води для вирівнювання різких перепадів тиску. При надмірному вакуумі, що створюється ежектором, вода йде з-під ковпака, і в нього засмоктується повітря.



**Рис. 7.2.** Загальний вигляд хлораторів AXB-1000

При підвищенні тиску (наприклад, у разі різкої зупинки хлоратора) вода із змішувача видавлюється хлором під ковпак, але прориву в атмосферу не відбувається, оскільки створюється гідравлічний затвор. Тому змішувач називається також запобіжником. З кожного балона без штучного обігріву можна зняти до 0,5 кг/год хлору. Щоб забезпечити більші витрати хлору, до дозатора приєднується більша кількість балонів. Хлоратори AXB-1000 випускаються на продуктивності по хлору: від 0,5 до 24,0 кг/год (базовий комплект – 1,0-12,8 кг/год).

Хлор доставляють в балонах місткістю  $W=55$ ; 100 л або в бочках місткістю  $W=625$ ; 1250 л. Необхідна кількість балонів або бочок для щодобової заміни в хлораторній, шт

$$n_6 = \frac{Q_{д.Сl}}{1,25 \cdot W} \quad (7.3)$$





Кількість витратних балонів (бочок) в хлораторній, шт

$$n_6^{\text{ввт.}} = \frac{Q_{\text{д. Cl}}}{T_{\text{Cl}} \cdot S}, \quad (7.4)$$

де  $S$  - зняття хлору (з одного балона  $0,5...0,7 \text{ кг}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ , з бочки  $3 \text{ кг}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$  при площі поверхні бочок  $4 \text{ м}^2$  або  $5,6 \text{ м}^2$ ).

Запас балонів (або бочок) на витратному складі, шт.

$$n_6^{\text{скл}} = \frac{30 \cdot Q_{\text{д. Cl}}}{1,25 \cdot W}, \quad (7.5)$$

Кількість води, що необхідна для роботи хлораторів,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$q_{\text{в}} = q_{\text{г. Cl}} \cdot q_{\text{вв}}, \quad (7.6)$$

де  $q_{\text{вв}}$  - витрати води для роботи хлораторів (приймається  $0,6 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ кг}$  хлору).

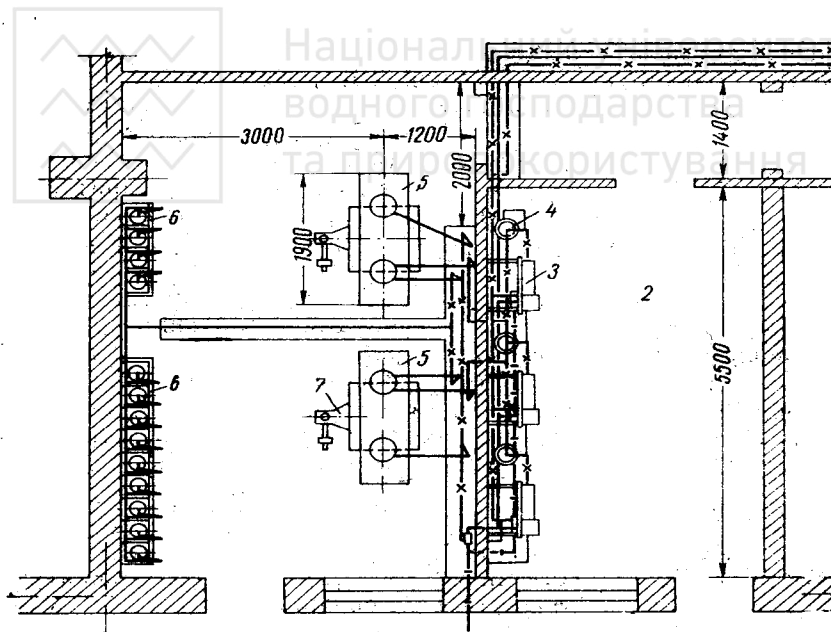
Крім робочих хлораторів у хлораторній передбачається один резервний (при 1 - 2 робочих хлораторах) або два резервних (при більшій їх кількості).

Хлорне господарство бажано розміщувати в спорудах, які стоять окремо. Віддалення від об'єктів житлового, цивільного та побутового призначення до складів повинно бути не менше  $500 \text{ м}$  при зберіганні в бочках та  $150 \text{ м}$  – в балонах. Склади, по можливості, повинні бути влаштовані в найбільш понижених місцях, в окремих наземних або напівзаглиблених будівлях, зберігання порожньої тари допускається під навісами. На території складу повинен бути влаштований протипожежний водопровід та встановлені покажчики напрямку вітру. Хлораторні повинні мати два виходи (один через тамбур, другий — безпосередньо назовні) та штучну вентиляцію з 12-кратним обміном повітря. В тамбурі хлораторної передбачається шафа для спецодягу, протигазів, пристроїв для включення і виключення освітлення і вентиляції. Для зменшення кількості витратних балонів (рис.7.3) передбачаються бочки-випарники, в які здійснюється переливання хлору із балонів. Опалення, як правило, в складах не передбачається. При місячному споживанні хлору менше одного балону місткістю  $55 \text{ л}$  витратний склад не влаштовується, а цей балон розміщується в хлораторній. Для інтенсифікації процесу випаровування в хлораторних, які стоять окремо, можна передбачати

спеціальні випарники.

Хлор, який виділяється у виробничих приміщеннях, виводиться через аварійну вентиляцію на поглинання в абсорбційній колоні. Використовуються полочні та насадочні колони, які зрошуються поглинальним розчином, відбір повітря проводиться з найбільш низької точки. В якості поглинального розчину використовуються гідроксид натрію, гідроксид кальцію (вапняне молоко), кальцинована сода або суміш з тіосульфатом натрію.

На станціях великої продуктивності можна встановлювати хлоратори системи Л.А.Кульського з відповідною продуктивністю по хлору кг/год та витратами води м<sup>3</sup>/год: ЛК-10с (1...5,4 та 5); ЛК-10б (2...25 та 30); ЛК-10у (5...100 та 30); Л-11 (0,5...5 та 5); ПК-12 (1,8...24,4 та 30).



**Рис. 7.3. Розміщення обладнання в хлораторній на 420 кг/доб**

1 - склад хлору; 2 – хлордозаторна; 3 - вакуумні хлоратори; 4 - проміжні хлорні балони; 5 – бочки - випарники; 6 - витратні балони; 7 - циферблатна вага



Хлоропровідів (рідкого і газоподібного хлору) повинно бути не менше двох, при цьому один з них резервний. Трубопроводи рідкого газу слід прокладати з безшовних сталевих труб марок СТ10 і СТ20, які з'єднуються зварюванням. Фланцеві з'єднання допускаються тільки при під'єднанні арматури, прокладки використовуються паролонітові, фторпластові, свинцеві. Трубопроводи повинні прокладатися таким чином, щоб захистити їх від ударів, падіння предметів, стійко закріпленими, на відстані від джерел нагріву не менш ніж на 0,5м, не на зовнішніх стінах, поза допоміжними, побутовими, виробничими та адміністративними приміщеннями.

**Приклад.** Розрахувати хлораторну для станції водопідготовки, яка обробляє воду поверхневого джерела.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність станції водопідготовки  $Q_{oc} = 2400 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

**Розрахунок.** Доза хлору для первинного хлорування  $D_{Cl}^I = 5 \text{ мг/л}$ , вторинного -  $D_{Cl}^{II} = 2 \text{ мг/л}$ . Годинні витрати хлору для первинного хлорування  $q_{г.Cl}^I = \frac{2400 \cdot 5}{24 \cdot 100} = 0,5 \text{ кг/год}$ , для вторинного

$q_{г.Cl}^{II} = \frac{2400 \cdot 2}{24 \cdot 100} = 0,2 \text{ кг/год}$ . Для первинного і вторинного хлорування передбачаються 3 хлоратори АХВ - 1000 продуктивністю 0,5 кг/год, один з них резервний. Добові витрати хлору  $Q_{д.Cl} = (0,5 + 0,2) \cdot 24 = 16,8 \text{ кг/добу}$ , потрібна кількість балонів на

добу (місткість балона 55 л)  $n_6 = \frac{16,8}{55 \cdot 1,25} = 0,24 \text{ шт}$ . Кількість

витратних балонів у хлораторній  $n_6^{виг} = \frac{16,8}{0,5 \cdot 24} = 1,4 \approx 2 \text{ шт}$ . У

витратному складі повинно бути балонів  $n_6^{скл} = \frac{16,8 \cdot 30}{55 \cdot 1,25} = 7,2 \text{ шт} \approx$

**8шт.** Витрати води для роботи хлоратора  $q_v = (0,2 + 0,5) \cdot 0,6 = 0,42 \text{ м}^3/\text{год}$ .



### 7.3. Знезаражування гіпохлоритом натрію

В промисловості гіпохлорит натрію ( $\text{NaOCl}$ ) отримують методом хлорування каустичної або кальцинованої соди. Постачають його замовнику в бочках місткістю 50...60 літрів у вигляді розчинів з концентрацією приблизно 15% активного хлору, тобто 140...160 г/л, густиною розчину приблизно  $\gamma = 1,2$  кг/л. Найбільшим постачальником гіпохлориту натрію є Дніпродзержинське ВО "Азот".

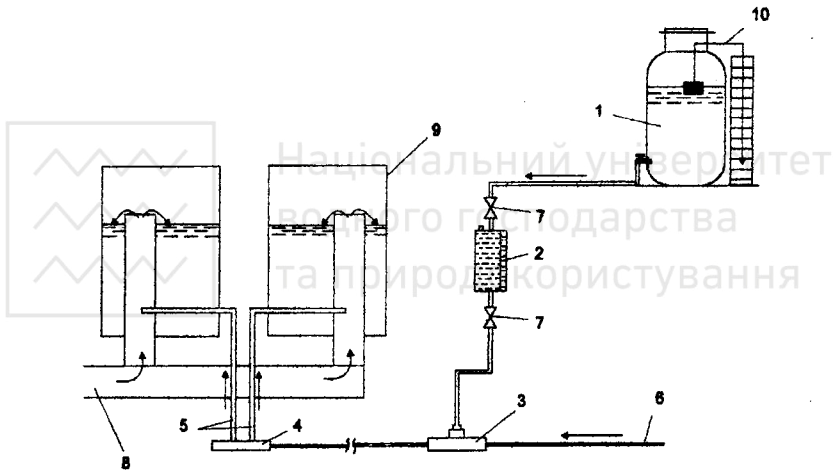


Рис 7.4. Схема подачі гіпохлориту натрію ежектором

1 - бочка з гіпохлоритом натрію; 2 - колба для контролювання витрат розчину; 3 - ежектор; 4 - колектор; 5 - подавальні трубопроводи; 6- подача води; 7 - регулюючі вентиля; 8 - подача води в РЧВ; 9 - РЧВ; 10 - вимірювальний пристрій

Згідно „Інструкції із застосування гіпохлориту натрію для знезаражування питної води в системах сільськогосподарського водопостачання” ВНД 33-3.4-02-2001” витрати гіпохлориту натрію, л/год



$$q_{\text{хл}} = \frac{(0,3 - L^{0,3}) \cdot Q_p}{1000 \cdot K_{\text{хл}} \cdot \gamma}, \quad (7.7)$$

де  $L$ - довжина шляху, км, транспортування води до найвіддаленішого споживача при швидкості транспортування в межах 1 м/с;  
 $K_{\text{хл}}$ -концентрація активного хлору в розчині гіпохлориту (0.15);  
 $Q_p$ - розрахункові витрати води, м<sup>3</sup>/год.

Гіпохлорит натрію подається у вихідну воду або ежектором або насосом-дозатором.

**Приклад.** Визначити добові витрати бочок технічного гіпохлориту натрію.

**Вихідні дані.** Повна продуктивність станції водопідготовки  $q_r = 1000$  м<sup>3</sup>/год, шлях транспортування води до найвіддаленішого споживача  $L=10$ км із швидкістю 1м/с, станція працює цілодобово.

**Розрахунок.** Витрати гіпохлориту натрію

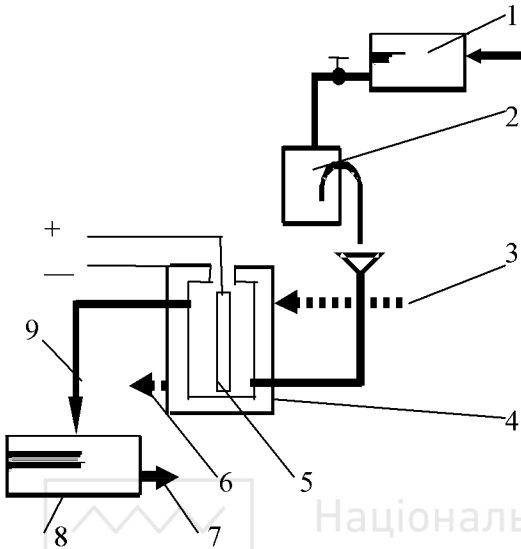
$$Q_{\text{хл}} = \frac{0,3 + 10^{0,3}}{1000 \cdot 0,15 \cdot 1,2} 1000 = 12,75 \text{ л/год.}$$

За добу витрачається гіпохлориту натрію

$$Q_d = 24 \cdot 12,75 = 306 \text{ л.}$$

При використанні 60 літрових бочок на добу їх необхідно 6 штук.

На станціях з витратами хлору до 50 кг/добу для знезаражування води використовують гіпохлорит натрію, який готують з розчину кухонної солі електролітичним способом (електролітичні установки ЭН-1, ЭН-5, ЭН-25, ЭН-100 та багато інших). В їх склад входять електролізери, різномітні баки. Принципова схема порційної установки зображена на рис.7.5. Розчин солі 10% концентрації подають у бак постійного рівня, звідки він витікає з постійними витратами. Після наповнення бачка - дозатора спрацьовує сифон й зливає певний об'єм розчину в електролізер. Під дією електричного струму в електролізері утворюється гіпохлорит натрію. Нові порції розчину солі виштовхують гіпохлорит натрію у витратний бак, із якого він дозується насосом-дозатором, дозатором Хованського тощо.



**Рис. 7.5. Установа КГ-13 для приготування гіпохлориту натрію**

- 1 - бак постійного рівня;
- 2 - бачок – дозатор з сифоном;
- 3 - подача охолоджуючої води;
- 4 - електролізер;
- 5 - анод;
- 6- відведення охолоджуючої води;
- 7- до насоса;
- 8 - накопичувач;
- 9 - зливна трубка

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Електролізери розміщують у сухому опалюваному приміщенні, їх повинно бути не більше трьох, один з яких резервний. На приготування 1 кг активного хлору використовується 15...8 кг кухонної солі. Слід передбачити вологе зберігання солі. Місткість баків для зберігання солі 1,5 м<sup>3</sup> на 1 т солі. Кількість баків не менше двох. На складі зберігається 30-ти добовий запас. Бак-накопичувач повинен вмщувати об'єм гіпохлориту натрію, якого вистачить для роботи не менше ніж на 12 год.

Тривалість контакту хлору і гіпохлориту з водою повинна бути не менше 60 хв.

**Приклад.** Розрахувати установку для знезаражування води поверхневого джерела гіпохлоритом натрію.

**Вихідні дані.** Продуктивність очисної станції  $Q_{oc} = 200 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

**Розрахунок.** Прийнявши дозу хлору  $D_{Cl} = 3 \text{ мг/л}$ , добові витрати хлору становитимуть

$$Q_{д.Cl} = \frac{200 \cdot 3}{1000} = 0,6 \text{ кг / добу} .$$



Застосовуємо установку для приготування гіпохлориту натрію ЭА-1 (продуктивність 1 кг/добу). Передбачаються одна робоча і одна резервна установки.

Потрібна кількість кухонної солі  $Q_c = 12 \cdot 0,6 = 7,2 \text{ кг/добу}$ . Передбачається мокре зберігання солі. Місткість баків  $W = 1,5 \cdot 7,2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ м}^3$ . Кількість баків – 2 шт, місткість кожного  $0,16 \text{ м}^3$ .

Місткість баків-накопичувачів гіпохлориту

$$W_{\text{Б-Н}} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 3}{24 \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 1} = 0,03 \text{ м}^3.$$

#### 7.4. Знезаражування ультрафіолетовим випромінюванням

Знезаражування ультрафіолетовим випромінюванням за допомогою бактерицидних ламп проводиться тільки для вод підземних джерел, які мають колі-індекс не більше 1000 од/л при вмісті заліза не більше 0,3 мг/л. Бактерицидні установки встановлюють на всмоктувальних і напірних лініях насосів другого підняття в окремих будівлях або приміщеннях. Робочих установок (секцій) повинно бути не більше п'яти, резервних — одна. При продуктивності станції до  $30 \text{ м}^3/\text{год}$  раніше використовувались установки ОВ-3Н з зануреним джерелом випромінювання у вигляді аргонно-ртутних ламп. Лампи розташовують у касетах над каналом, в якому протікає вода. При продуктивності станції  $30 \dots 150 \text{ м}^3/\text{год}$  застосовують установки ОВ-АКХ-1 з зануреними ртутно-кварцевими лампами. В кожній установці може бути від трьох до п'яти камер з такими лампами.

Потужність потоку бактерицидної енергії, Вт

$$F_{\text{бак}} = \frac{q_p \alpha_{\text{пог}} k \lg(P/P_0)}{1563,4 \eta_{\text{п}} \eta_0}, \quad (7.8)$$

де  $q_p$  - розрахункові витрати води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\alpha_{\text{пог}}$  - коефіцієнт поглинання опромінюваної води,  $\text{см}^{-1}$  (для глибоких підземних вод –  $0,1 \text{ см}^{-1}$ , для інших -  $0,15 \text{ см}^{-1}$ );



$k = 2500 \text{ мкВт}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  - коефіцієнт опору бактерій;

$\eta_{\text{п}}$  - коефіцієнт використання бактерицидного потоку ламп (для занурених ламп - 0,9, незанурених - 0,75);

$\eta_0 = 0,9$  - коефіцієнт використання бактерицидного випромінювання;

$(P/P_0)$  - ступінь знезараження.

Витрати електроенергії, Вт·год/м<sup>3</sup>

$$E = N \cdot n_{\text{л}} / q_{\text{р}} \quad , \quad (7.9)$$

де  $N$  - номінальна потужність однієї лампи, Вт;

$n_{\text{л}}$  - кількість ламп, шт.

Втрати напору, м, в установці ОВ-АКХ-1

$$H = 0,000022 \cdot n_{\text{к}} \cdot Q_1^2 \quad , \quad (7.10)$$

де  $n_{\text{к}}$  - кількість камер у секції;

$Q_1$  - витрати води через одну секцію, м<sup>3</sup>/год.

Для установок ОВ-ЗН довжина робочої частини каналу, м

$$L_{\text{кан}} = l \cdot n_{\text{л}} \quad , \quad (7.11)$$

де  $l = 0,2 \dots 0,4$  м - відстань між касетами.

Зараз почали випускати установки із лампами в сталевому корпусі. Установки для знезараження випускає НВО «ЛИТ» м. Москва марок УДВ 1/1; 2/1; 5/1; 10/2; 30/5; 50/7; 100/14; 150/21 (перше число в маркуванні показує продуктивність установки в м<sup>3</sup>/год) і за домовленістю з виробником можуть бути установки продуктивністю до 2000 м<sup>3</sup>/год. В склад установок входять проточні камери, в яких встановлені бактерицидні ртутні лампи низького тиску в кварцових оболонках. Вода проходить вздовж лампи і одночасно опромінюється





ультрафіолетовим випромінюванням. Установки - компактні, мають розміри від 0,2 x 0,2 x 0,6 м до 1,4 x 0,5 x 1,6 м (відповідно розмір збільшується із збільшенням продуктивності), можуть працювати в напірному та безнапірному режимах. На установки може подаватись вода, яка має кольоровість до 35 град., каламутність до 2 мг/л, вміст заліза до 1 мг/л, коли індекс не більше 10 000. Подібні установки серії „Водограй” випускає Харківська електротехнічна компанія (рис.7.6).



**Рис. 7.6. Принципова схема напірної бактерицидної установки**

1 - електричний кабель; 2 - корпус; 3 - відвідний патрубок; 4 - бактерицидна лампа; 5 - кварцовий чохол; 6 - напрямок потоку води; 7 - підвідний патрубок

Установки випускаються з широким діапазоном продуктивностей від 0,5 до 1200 м<sup>3</sup>/год, маркуванням від В0.5А до 16В75А112, з одною або декількома секціями, з одною або 112 лампами (табл. 7.1). Очистка внутрішньої поверхні камер знезаражування проводиться слабким розчином шавлевої або лимонної кислот, в деяких установках очистка кварцових чохів проводиться механічним очисним пристроєм. Перевагою методу можна рахувати відсутність небажаних явищ, немає потреби в спеціальних засобах безпеки, невисокі експлуатаційні витрати, відсутність спеціального обслуговуючого персоналу, не має потреби в запасах реагентів та місткостях для контакту води.



Таблиця 7.1

Характеристика основних типів установок „Водограй”

Тип	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Потужність, кВт	Кількість ламп	Габарити, мм
B1A	1	0,01	1	450x115x180
B5A	5	0,05	1	1200x200x350
B20A4	20	0,16	4	1120x230x400
B50A7	50	0,35	6	1490x265x475
2B75A14	150	1,4	14	1490x800x1500
4B75A28	300	2,8	28	1490x1600x1500
6B75A42	450	4,2	42	2000x800x1650
10B75A70	750	7,0	70	2400x1600x1650
14B75A98	1050	9,8	98	3200x1600x1650

**Приклад.** Розрахувати бактерицидну установку для водозабору.

**Вихідні дані.** Продуктивність  $q_p = 150 \text{ м}^3/\text{год}$ , коли-індекс 1000 од/л, вода ґрунтова. Коли-індекс очищеної води приймаємо 3 од/л.

**Розрахунок.** Потрібний бактерицидний потік

$$F_{\text{бак}} = \frac{150 \cdot 0,15 \cdot 2500 \lg(3/1000)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 133,26 \text{ Вт.}$$

Потрібна кількість ламп ПРК-7

$$n_{\text{л}} = \frac{133,26}{35} = 3,8 \approx 4 \text{ шт.}$$

Приймаємо дві установки ОВ-АКХ-1 по 3 лампи в кожній.  
Витрати електроенергії

$$E = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 3}{150} = 40 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^3.$$

Втрати напору в установці

$$h = 0,000022 \cdot 3 \left( \frac{150}{2} \right)^2 = 0,37 \text{ м.}$$

Передбачається ще одна резервна установка.



**Приклад.** Розрахувати бактерицидну установку

**Вихідні дані.** Продуктивність  $q_p = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ , інфільтраційна вода,  $\alpha_{\text{ноз}} = 0,15 \text{ см}^{-1}$ , коли-індекс - 1000 од/л. Коли-індекс очищеної вод – 3.

**Розрахунок.** Потрібний бактерицидний потік

$$F_{\text{бак}} = \frac{30 \cdot 0,15 \cdot 2500 \lg(3/1000)}{1563,4 \cdot 0,75 \cdot 0,9} = 32 \text{ Вт.}$$

Кількість ламп БУВ-60П для установки ОВ-ЗН  $n_\lambda = 32 / 4 = 8 \text{ шт.}$   
Витрати електроенергії  $E = 60 \cdot 8 / 30 = 16 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ . Довжина каналу  $L_{\text{кан}} = 0,2 \cdot 8 = 1,6 \text{ м}$ . Ширина каналу  $B = 0,88 \text{ м}$  (трохи менша довжини лампи, яка дорівнює 0,91 м). Для поліпшення циркуляції потік розбивається на три секції завширишки  $1,6 / 3 = 0,53 \text{ м}$ . Висота шару 0,12 м, загальна висота корпусу 0,37 м.

**Приклад.** Розрахувати бактерицидну установку для водозабору.

**Вихідні дані.** Продуктивність  $q_p = 150 \text{ м}^3/\text{год}$ , коли-індекс 1000 од/л, вода ґрунтова. Коли-індекс очищеної води – 3.

**Розрахунок.** Приймемо установку 2В75А14, продуктивністю  $150 \text{ м}^3/\text{год}$ , потрібна потужність 1,4 кВт, кількість ламп - 14, розміри 1450x800x1500 мм, кількість установок – дві (одна робоча, одна резервна).

## 7.5. Дезодорація води

Для зниження інтенсивності присмаків та запахів, які виникають періодично з інтенсивністю до 4 балів, використовують окислення. Звичайно, це здійснюється одночасно з проясненням і знебарвленням, а окислювач вводять перед введенням коагулянту. Окислювачами можуть бути хлор, перманганат калію (у вигляді розчинів), озон, який вводять у вигляді бульбашок. Тип окислювача і його дозу встановлюють здебільшого на основі технологічних випробувань. При цьому, доцільно застосовувати безпосередньо два окислювачі — хлор і перманганат калію, хлор і озон. Доза окислювача залежить від окислюваності води. При більшій окислюваності призначають більшу дозу: хлору 4...14 мг/дм<sup>3</sup>, перманганату калію вдвічі, а озону в 2,5...3,0 рази менше, ніж хлору.



Присмаки та запахи біологічного походження можна видаляти аеруванням в аераторах барботажного типу, розбризкуючого типу, каскадних та інших. В аераторах барботажного типу вода проходить через місткості, в які через дірчасті труби подається повітря з витратою  $0,37...0,75 \text{ м}^3/\text{хв}$  на  $\text{м}^3$  води. В розбризкуючих аераторах вода розбризкується спеціальними соплами на вільну поверхню води. Система каскадів або переливних стінок, які розташовані одна нижче другої, забезпечують вільний перелив води і її аерацію в каскадних аераторах.

При стабільних значеннях інтенсивності запаху та присмаку необхідне введення сорбенту або його використання одночасно з окислювачами. Сорбційне очищення води від запахів і присмаків можна виконувати за допомогою сорбентів природного або штучного походження. Природні сорбенти, звичайно, представлені глинистими породами з катіонною обмінною місткістю (мг-екв/л) - гідрослюда (0,26), каолінит (0,14), монтморілоніт (1,0), палігорскит (0,24), цеолітами та іншими породами. Цеолітів відомо більше тридцяти різновидів. Вартість їх досить невисока і зараз починають широко використовувати цеоліти закарпатського походження. Особливістю цеолітів є те, що вони мають тримірний алюмосилікатний каркас з тетраедричною структурою, яка чітко зарегульована, у проміжках якої знаходиться гідратна вода. При нагріванні вода виходить і утворюються вікна розміром  $0,37...0,70 \text{ нм}$ , які сорбують речовини з критичним розміром, меншим за вікна. Природні сорбенти, звичайно, використовуються для знебарвлення води, видалення неорганічних домішків та особливо токсичних хлорорганічних речовин, проте мають великий коефіцієнт неоднорідності, в певних умовах можуть забезпечити великий опір при наявності дрібних фракцій. Найбільше використання в практиці водоочищення знаходять штучні сорбенти - активоване вугілля. Їх отримують із вугілля шляхом видалення смоловатих речовин завдяки дії газів - окислювачів при високих температурах. При цьому використовуються порошок та гранульоване вугілля.

Значне періодичне підвищення інтенсивності запаху та присмаку потребує введення порошкового активованого вугілля марки ОУ-А. Його можуть вводити і перед першою ступінню очистки і перед другою. Дозування може бути сухе та мокре. При сухому дозуванні в воду подається чітко відміряна порція порошку, але при цьому спостерігається багато пилу. Порошкове активоване вугілля вводять за



10 хв до введення коагулянту або безпосередньо перед фільтрами. Його доза залежить від місця введення і становить 5...35 мг/л (менші значення дози для введення перед фільтрами). Перед мокрим дозуванням вугілля замочують на одну годину в розчинних баках, а потім готують вугільну пульпу концентрацією до 8%, яку перекачують абразивостійким насосом у витратний бак. Бак має забезпечувати гідравлічне перемішування вугільної пульпи. При мокрому дозуванні в баці готується суспензія вугілля, яка дозується у воду насосом-дозатором.

В цілому, вуглевання вимагає великих коштів і великої кількості вугілля. Знизити витрати вугілля дозволяють вугільні фільтри. У практиці водопостачання використовуються спеціальні сорбційні фільтри, що завантажені гранульованим активованим вугіллям. Принцип їх роботи такий самий, як у швидких фільтрів. Висота вугільної засипки, м, повинна бути

$$H=V t / 60 , \quad (7.12)$$

де  $V$  –розрахункова швидкість фільтрування (10...15 м/год);  
 $t$ - час проходження води через шар вугілля (10...15 хв).

Сорбційні фільтри розраховуються так само, як і всі фільтри з важкою засипкою (розділ 6.2). Інтенсивність промивки для вугілля АГ-3 приймається 12...14 л/(с · м<sup>2</sup>) при відносному розширенні 25% та тривалості промивки 7...8хв. В процесі сорбування речовин із води пори активованого вугілля заповнюються цими речовинами і для відновлення сорбційної місткості вугілля його оброблюють термічним або хімічним методами. В практиці водопідготовки в нашій країні регенерація вугілля практично не використовується. Тривалість сорбційного періоду для вугілля коливається від двох до тридцяти місяців в залежності, в першу чергу, від концентрації речовин в воді і їх виду. Активоване вугілля значно дорожче від адгезійних засипок, а тому не доцільно його використовувати для знебарвлення та прояснення води. На сорбційну засипку вода повинна надходити з найменшими показниками кольоровості і каламутності. Сорбційна місткість активованого вугілля залежить у значній мірі від об'єму пор. Найбільш відоме активоване вугілля має, відповідно, загальний об'єм пор: АГ-2 при крупності фракцій 1,5...2,0 мм - 0,60см<sup>3</sup>/г, АГ-3 при фракціях 1,5...2,8мм - від 0,8 до 1,06 см<sup>3</sup>/г, АГ-5 при фракціях 1,0-1,5 мм - від 0,9 до 1,06см<sup>3</sup>/г. Найбільш легким вважається АГ-5. При практично



однакових об'ємах пор з АГ-3, це вугілля більш дрібне, а граничний об'єм сорбційного простору трохи менший.

Для зменшення вартості дезодорації можна використовувати пінополістирольно-вугільні фільтри, в яких на утримуючу решітку пінополістирольного фільтра насипається шар активованого вугілля. Висоту цього шару активованого вугілля приймають до 0.5м.

**Приклад.** Підібрати розміри і кількість сорбційних фільтрів із засипкою з активованого вугілля АГ-3.

**Вихідні дані.** Корисна продуктивність водоочисної станції  $Q=8000 \text{ м}^3/\text{добу}$ , працює цілодобово.

**Розрахунок.** Товщин шару засипки  $H = 10 \cdot 15 / 60 = 2,5 \text{ м}$ .

**Розрахункова швидкість фільтрування**  $V_{\text{ф}}^{\text{н}} = 15 \text{ м/год}$ .

**Інтенсивність водяної промивки цієї засипки**  $\omega = 14 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$ , **тривалість промивки**  $t = 7 \text{ хв}$ , **відносне розширення засипки**  $e = 25\%$ . Підтримуючі шари виконано з щебеню різної крупності:

Товщина шару, м	Крупність щебеню, мм
0,1	2,0...1,2
0,05	5...2
0,1	10...5
0,1	20...10
0,25	40...20

Загальна товщина підтримуючих шарів  $H_{\text{п.ш}} = 0,5 \text{ м}$ . Висота шару води над засипкою приймається  $H_{\text{в}} = 2,0 \text{ м}$ , перевищення будівельної висоти над рівнем води  $H_{\text{н}} = 0,5 \text{ м}$ . Питомі витрати води на одну промивку  $q_{\text{пт}} = 14 \cdot 7 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 5,88 \text{ м}^3/\text{м}^2$ . Кількість промивок на добу

$n_{\text{пр}} = 2$ . Потрібна площа фільтрів  $F_{\text{ф}} = \frac{8000}{(24 \cdot 10) - (2 \cdot 5,88) - (2 \cdot 0,33 \cdot 10)} =$

$36,1 \text{ м}^2$ . Кількість фільтрів  $N_{\text{ф}} = 0,5 \sqrt{36,1} = 3$ . Потрібна площа

одного фільтра  $F_{1\text{ф}} = 36,1 / 3 = 12 \text{ м}^2$ . Приймаємо фільтри розміром в плані  $3 \times 4 \text{ м}$  з боковим каналом. Відстань між відгалуженнями прийнято  $0,3 \text{ м}$ . Кількість відгалужень  $n = 4 / 0,3 = 13 \text{ шт}$ . Витрати промивної води на весь фільтр  $q_{\text{пр}} = 12 \cdot 14 = 168 \text{ л/с}$ , на одне відгалуження  $q'_{\text{пр}} = 168 / 13 = 12,9 \text{ л/с}$ . Діаметр відгалуження  $d = 70 \text{ мм}$ .

Висота фільтра дорівнює  $H_{\text{ф}} = 0,07 + 0,5 + 2,5 + 2,0 + 0,5 = 5,57 \text{ м}$ .



## 8. СПОРУДИ ОБРОБКИ ПРОМИВНИХ ВОД І ОСАДУ

### 8.1. Загальні положення

У процесі експлуатації станцій прояснення та знебарвлення більше 10% очищеної води витрачається на промивку фільтрувальних споруд та відведення осаду від інших споруд. Спуск таких стічних вод у водні об'єкти неприпустимий, а скидання їх у каналізацію не завжди можливе тому, що значна частина станцій знаходиться на значній відстані від населених пунктів. Там, де це можливо, скидання промивних вод призводить до значного збільшення діаметрів колекторів для прийому залпових витрат і до невиправданого підвищення навантаження на споруди біологічного очищення стічних вод мінеральними речовинами.

Повторне використання очищених промивних вод зменшує витрати води на власні потреби, може знизити вартість експлуатації й, відповідно, зменшити плату за використання природних ресурсів.

На станціях підготовки води з відстоюванням і наступним фільтруванням потрібно передбачати резервуари промивних вод від фільтрів та рівномірне перекачування води без відстоювання в трубопроводі перед змішувачами або в змішувачі. Потрібно передбачати можливість скидання в ці резервуари води із зони прояснення відстійників при їх спорожненні. Перед резервуарами необхідно встановлювати піскоуловлювачі. Осад від відстійників або прояснювачів із завислим осадом необхідно зневоднити, а потім вивезти за межі станції. При каламутності води, що очищується, до 300 мг/л осад подають спочатку на згущувач, а потім на майданчик заморожування (в регіонах з низькими температурами), накопичувачі (в середніх смугах), майданчики підсушування (в регіонах із жарким, сухим кліматом).

Кількість резервуарів належить приймати не менше двох: об'єм кожного резервуара потрібно визначати за графіком надходження і рівномірного перекачування промивної води і приймати не менше об'єму води від однієї промивки фільтра. Насоси і трубопроводи перекачування промивної води повинні перевірятися на роботу фільтрів при форсованому режимі.

В одноступеневих технологічних схемах очищення природної води



промивну воду після контактних фільтрів чи прояснювачів подають спочатку на піскоуловлювач, де затримуються вимиті частинки засипки, а потім вона надходить у відстійник промивних вод. Тривалість статичного відстоювання  $T_{\text{від}}$  приймається 2 год. При додатковому введенні поліакриламідом дозою 0,08-0,1 мг/л тривалість відстоювання вод необхідно скорочувати до 1 год.

## 8.2. Піскоуловлювачі

*Піскоуловлювач* може бути горизонтального типу, але для більш компактного розміщення споруд використовують піскоуловлювачі вертикального типу. Довжина шляху проходження води в піскоуловлювачі, м

$$h = u \cdot t, \quad (8.1)$$

де  $u$  — швидкість, при якій відбувається осадження піску (при висхідній -0,02...0,03 м/с, при горизонтальній -0,15 м/с);  
 $t$  — час його осадження (в вертикальному -150...210с, горизонтальному -30с).

Площа піскоуловлювача,  $m^2$ , у плані

$$F = q_{\text{пр}} / u, \quad (8.2)$$

де  $q_{\text{пр}}$  — витрати промивної води,  $m^3 / c$ .

Із умов компонування з відстійниками або резервуарами вертикальні піскоуловлювачі бувають квадратні зі стороною 1...6м. Нижню частину їх влаштовують пірамідальною з нахилом стінок до горизонту  $50^\circ$ . Над рівнем води потрібно передбачати запас висоти 0,3 м.

**Приклад.** Розрахувати горизонтальний піскоуловлювач.

**Вихідні дані.** Витрати промивної води  $q_{\text{пр}} = 0,0972 m^3 / c$ .

**Розрахунок.** За формулою 8.2 площа перерізу піскоуловлювача становитиме

$$F = 0,0972 / 0,15 = 0,65 m^2.$$

Глибина проточної частини приймається  $h_{\text{п}} = 0,8 m$ .





Тоді ширина  $b = 0,65 / 0,8 = 0,81\text{м}$ .

Глибина осадової частини  $h_0 = 0,5$   $h_{\text{п}} = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4\text{м}$ .

Довжина осадової частини за формулою 8.1  $L = 0,15 \cdot 30 = 4,5\text{м}$ .

### 8.3. Відстійники промивних вод

При визначенні об'єму води зони накопичення осаду у відстійниках вологість осаду потрібно приймати 99% для станцій прояснення води. Загальну тривалість нагромадження осаду при багаторазовому наповненні відстійників належить приймати не менше 8 год.

На рис. 8.1 наведений план і розріз відстійників промивних вод продуктивністю 5000 м<sup>3</sup>/доб. Споруди знаходяться на майданчику водоочисної станції і складаються з відстійників 1 і, пов'язаною з ними, насосної станції 2. Відстійники заглиблені й обваловані землею. Для дотримання режимів експлуатації відстійників, фільтри на станції промиваються по черзі через рівні проміжки часу, промивна вода самопливом скидається у відстійники по трубопроводу 3. У відстійниках вода відстоюється не менш 2 годин. Якщо в період відстоювання приходить черга промивання наступного фільтра, то промивні води від нього скидаються в інший резервуар. Дно резервуара виконується зі стінками, з нахилом 45° до горизонту для сповзання осаду. Відстоювана вода відбирається дірчастим трубопроводом діаметром 150мм, прокладеним на рівні переходу вертикальних стін відстійника в похилі. Трубопровід має 39 отворів діаметром 20 мм, розташованих із кроком 150 мм. У голову очисних споруд вода перекачується насосами 4 по трубопроводу 5. Шлам відкачується з дна відстійника насосами 6 та по трубопроводу 7 перекачується на споруди його зневоднення. Відстійники обладнані переливними трубопроводами, а насосна станція прямком 8 та дренажним трубопроводом 9. У насосній станції встановлений кран підвісний, ручний, однобалковий вантажопідйомністю 500 кг. Розрахунок споруд для обробки промивних вод зводиться до визначення числа та розмірів відстійників, підбору насосів, визначенню діаметрів трубопроводів і визначенню розмірів всіх елементів.

Кількість відстійників  $n$  повинна бути не менш двох і визначається за формулою



$$n = \frac{N \cdot t \cdot n_{\text{пр}}}{T_{\text{ст}}}, \quad (8.3)$$

де  $N$  - кількість фільтрів на станції;

$t$  – тривалість обробки промивних вод у відстійнику (табл. 8.1.), год;

$n_{\text{пр}}$  - кількість промивок кожного фільтра упродовж доби;

$T_{\text{ст}}$  - тривалість роботи станції упродовж доби, звичайно 24 год.

Таблиця 8.1.

**Режим обробки промивних вод з швидких фільтрів**

Операція обробки води у відстійнику	Тривалість, год.
Прийом промивної води	0,08 - 0,12
Відстоювання	2
Відкачка проясненої води	1 – 2
Відкачка осаду	1
Резерв часу на переключення	0,15 - 0,3
Загальна тривалість	4,3 - 5,4

Повний об'єм відстійника промивних вод,  $\text{м}^3$

$$W_{\text{п}} = W_{\text{пв}} + W_{\text{ос}} + W_{\text{зах}}, \quad (8.4)$$

де  $W_{\text{пв}}$  - об'єм зони прояснення води,  $\text{м}^3$ ;

$W_{\text{ос}}$  - об'єм осадової частини,  $\text{м}^3$ ;

$W_{\text{зах}}$  - захисна зона (для запобігання скаламучення і захоплення осаду при відкачці проясненої води), приймається висотою 0,3 - 0,4 м.

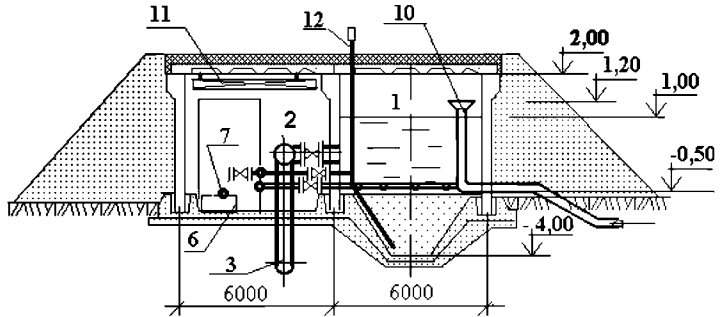
Об'єм зони прояснення води

$$W_{\text{пв}} = 0,06 \cdot F \cdot \omega \cdot t, \quad (8.5)$$

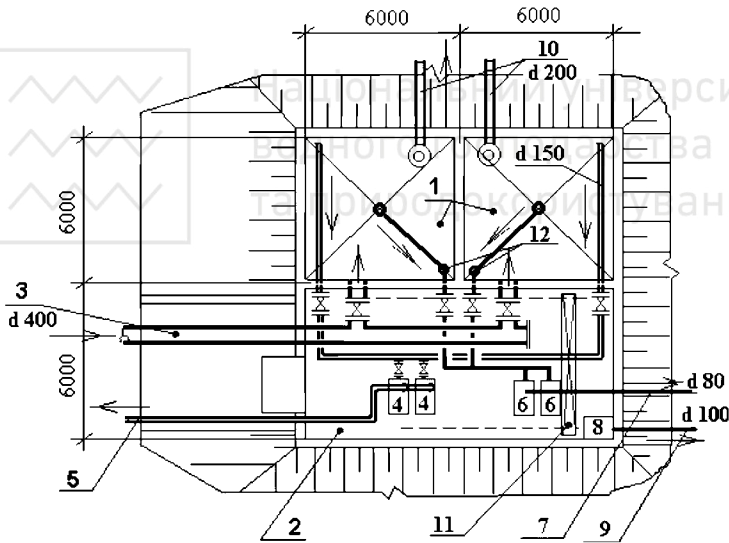
де  $F$  - площа одного фільтра,  $\text{м}^2$ ;

$\omega$  - інтенсивність промивки фільтра, л/ (с ·  $\text{м}^2$ );

$t$  - тривалість промивки, хв.



### ПЛАН



**Рис. 8.1. Відстійники промивних вод**

1 - відстійники; 2 - насосна станція; 3 – подача промивної води від фільтрів; 4 - насоси проясненої води; 5 - трубопровід повернення води на фільтри; 6 - шламіві насоси; 7 – подача на споруди обробки шламу; 8 - прямок; 9 – скид у каналізацію; 10 - перелив; 11 - кран підвісний; 12 - стояк очищення шламопроводу.



Об'єм осадової частини

$$W_{oc} = \frac{Q_{oc}(C - m)}{n_o(100 - P)10^4}, \quad (8.6)$$

де  $Q_{oc}$  - продуктивність водоочисної станції, м<sup>3</sup>/доб;

$C$  - вміст завислих речовин у воді, що подається на очищення, мг/л;

$m$  — вміст завислих речовин в очищеній воді, мг/л;

$n_o$  — кількість скидань осаду за добу (здебільшого 3);

$P$  — вологість осаду, %.

За визначенням об'ємом  $W_{ив}$  приймаються розміри в плані та висота зони прояснення. Висота зони накопичення осаду  $W_{oc}$  знаходиться з геометричних розмірів з урахуванням нахилу стін цієї зони під кутом 45° до горизонту, після визначення розмірів вертикальної частини відстійника.

Рівень води у відстійнику повинен бути нижче дна бокового (центрального) каналу фільтра на величину втрат напору в трубопроводі скиду промивної води. Напори насосів підбираються за результатами гідравлічних розрахунків. Діаметри трубопроводів визначаються за швидкістю руху води 1,5 - 2,0 м/с.

Для підвищення ефекту очистки промивних вод у відстійниках потрібно застосовувати тонкошарові модулі або фільтри з плаваючою засипкою.

**Приклад.** Розрахувати споруди обробки промивних вод.

**Вихідні дані.** Кількість контактних фільтрів на станції продуктивністю  $Q_{oc} = 23500$  м<sup>3</sup>/добу становить  $N = 7$ , станція працює цілодобово  $T_{ст} = 24$  год, кількість промивок кожного фільтра упродовж доби  $n_{пр} = 2$ , об'єм води необхідний для одної промивки одного фільтра складає  $72$  м<sup>3</sup>, при промивній витраті  $q_{пр} = 200$  л/с, концентрація завислих речовин у вихідній воді  $91$  мг/л, у фільтраті  $1$  мг/л.

**Розрахунок.** Тривалість обробки промивних вод приймається  $t = 5,4$  год, тривалість відкачування осаду  $t_1 = 1$  год, проясненої води  $t_2 = 1$  год (табл. 8.1).

За формулою (8.3) визначаємо кількість відстійників



$n = 7 \cdot 6,3 \cdot 2 / 24 = 3.15$ . Приймається 4 відстійники.

Відповідно об'єму води від промивки фільтра об'єм зони прояснення відстійника становитиме  $W_{пр} = 72 \text{ м}^3$ . Розміри зони прояснення приймаються в плані 4,5 х 6,0 м, висотою 2,7 м, загальним об'ємом  $72,9 \text{ м}^3$ . Висота захисної зони приймається рівною 0,3 м. Відстань від рівня води до верху резервуара - 0,5 м. Зона накопичення осаду для зменшення його висоти виконується з похилими стінками із двома конусами в дні відстійника і висотою 2,2 м. Схема відстійника наведена на рис. 8.2.

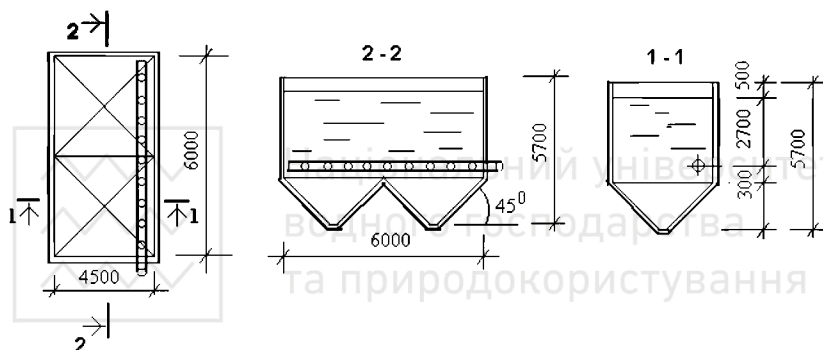


Рис. 8.2. Схема відстійника промивних вод

Геометричний об'єм зони накопичення осаду становить

$$W_{ос} = 2 \cdot 4,5 \cdot 3 \cdot 2,2 \cdot 0,33 = 19,6 \text{ м}^3.$$

Об'єм осадової частини всіх відстійників визначається за формулою (8.6)

$$W_{ос} = \frac{23500 \cdot (91 - 1)}{3 \cdot 1 \cdot 10000} = 70,5 \text{ м}^3.$$

Об'єм осадової частини одного відстійника дорівнює

$$W_{ос,1} = 70,5 / 4 = 17,6 \text{ м}^3. \text{ Тобто, об'єм осадової частини достатній.}$$

Визначення діаметрів трубопроводів зведено в таблицю 8.2.

План розміщення споруд (без комунікацій) приведений на рис.8.3.

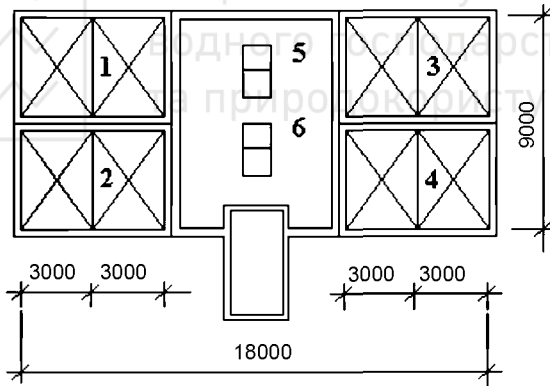
Уцілений у відстійниках осад піддається зневодненню в накопичувачах або на майданчиках заморожування чи підсушування осаду.



Таблиця 8.2

**Розрахунок трубопроводів споруд обробки промивних вод**

Трубопровід	Формула визначення витрат	Витрати $q$ , л/с	Діаметр $d$ , мм	Швидкість $V$ , м/с
Скиду промивних вод у відстійник	Промивна витрата фільтра $q_{np}$	200	400	1,5
Відкачки проясненої води	$W_{осв}/(3,6 t_2)$	$72/3,6 \cdot 1 = 20$	125	1,4
Відкачки осаду	$W_{уц}/(3,6 t_1)$	$29,7/3,6 \cdot 1 = 8,3$	80	1,2
Переливний	$q_{np}$	200	350	1,9



**Рис. 8.3. План розміщення споруд обробки промивних вод**  
1, 2, 3, 4 - відстійники; 5, 6 - насоси перекачування осаду і проясненої води

### 8.4. Резервуари промивних вод

Промивну воду після швидких фільтрів в резервуарах не відстоюють, а рівномірно забирають та перекачують у змішувач. Осад з приймків забирають гідроелеватором і подають на споруди обробки



осаду. Об'єм одного резервуара визначають з виразу (8.5). Приймають два резервуари, але коли період скидання промивних вод дуже малий - кількість резервуарів може бути збільшена.

### 8.5. Згушувачі

Згушувачі з повільним механічним перемішуванням належить застосовувати для прискорення ущільнення осаду з горизонтальних і вертикальних відстійників, прояснювачів з шаром завислого осаду, реагентного господарства та осаду з відстійників промивних вод на станціях водопідготовки при середньорічній каламутності вихідної води до 300мг/л. Осад на них подається самопливом.

Згушувачі належить приймати діаметром до 18м; робочою глибиною не менше 3,5м; уклоном дна до центрального приямка - 8°. Для переміщення ущільненого осаду до центрального приямка передбачається обертова ферма з вертикальними лопатями трикутного або круглого перерізу та скребками. Лобова поверхня лопатей складає від 25 до 30% площі поперечного перерізу осаду, який необхідно перемішати, верх лопатей - на відмітці, яка дорівнює половині шару води в середині обертової ферми. Подача осаду в згушувач передбачається на 1м вище відмітки дна в центрі згушувача, а забирання проясненої води проводиться через плаваючий шланг із верхніх шарів.

Тривалість циклу згушення осаду приймається: на наповнення згушувача - від 10 до 30хв, сам процес згушення - за даними технологічних вишукувань або за таблицею 8.3, перекачування проясненої води і згушеного осаду - від 30 до 40 хв. Перекачування осаду допускається передбачати через декілька циклів згушення.

Об'єм згушувача

$$W_{зг} = 1,3 \cdot K_p \cdot W_{ос.ч} , \quad (8.7)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт розбавлення осаду при випуску із споруд підготовки води (1,5 – при гідравлічному видаленні осаду, 1,2 – при механічному видаленні осаду, 2-3 – при напірному змиві осаду );

$W_{ос.ч}$  - об'єм осадової частини споруди підготовки води, м<sup>3</sup>.

Кількість згушувачів необхідно приймати з умов забезпечення періодичного приймання осаду у відповідності до режиму видалення його зі споруд та тривалості циклу згушення.



Таблиця 8.3.

**Характеристика роботи згущувача**

Характеристика оброблювальної води та спосіб обробки	Найбільша швидкість руху кінця обертової ферми, м/с	Тривалість циклу згущення, год	Середня вологість осаду на випуску з згущувача, %
Малокаламутні води, оброблені коагулянтном	0,015	10	97,7-98,2
Води середньої каламутності	0,025	8	96,8-97,3
Каламутні води, оброблені коагулянтном	0,03	6	85,5-91,8

**8.6. Накопичувачі**

Розрахунковий період подачі осаду в накопичувачі приймається не менше п'яти років. Для накопичувачів використовуються відпрацьовані кар'єри, яри, землі несільськогосподарського використання або обваловані ґрунтом сплановані площадки на природній основі глибиною не менше 2 м. При цьому, в накопичувачі передбачають пристрій для видалення води, що з'являється після пресування осаду. Конструкція пристроїв повинна забезпечувати відведення води з будь-якого рівня. В накопичувачах передбачають не менше двох секцій, які наповнюють осадом, поперемінно за роками. Одна секція наповнюється упродовж року, а в другій відбуваються зневоднення та пресування осаду. Пристрої для подавання осаду та відведення води розміщені на протилежних боках накопичувача. Відстань між пристроями для подачі осаду приймається не більше 60м.

Об'єм накопичувача приймають у залежності від середніх значень вологості та густини осаду за роками. Їх беруть, відповідно, до даних експлуатації накопичувачів в аналогічних умовах або довідкових даних, залежно від призначення станції, якості води, що очищується, вибраної технологічної схеми очищення води.

Об'єм накопичувача, м<sup>3</sup>, належить визначати за формулою





$$W_{\text{нак}} = \frac{0,876 \cdot q_{\Gamma} \cdot C_{\text{в}}}{\frac{1}{(100 - P_1) \cdot \rho_1} + \frac{1}{(100 - P_2) \cdot \rho_2} + \dots + \frac{1}{(100 - P_n) \cdot \rho_n}}, \quad (8.8)$$

де  $q_{\Gamma}$  - розрахункові витрати води станції водопідготовки, м<sup>3</sup>/год;

$C_{\text{в}}$  - середньорічна концентрація завислих речовин у вихідній воді, г/м<sup>3</sup>, що визначається за формулою 5.10;

$P_1, P_2 \dots P_n$  - середні значення вологості в процентах, приймаються за даними експлуатації накопичувачів в аналогічних умовах, а при їх відсутності – за рис.8.4;

$\rho, \rho_2 \dots \rho_n$  - щільність осаду першого, другого, ... n року ушілення, т/м<sup>3</sup>, приймаються за даними експлуатації накопичувачів в аналогічних умовах, а при їх відсутності - за рис.8.4. (M - кількість завислих речовин у воді, мг/л; R – реагенти).

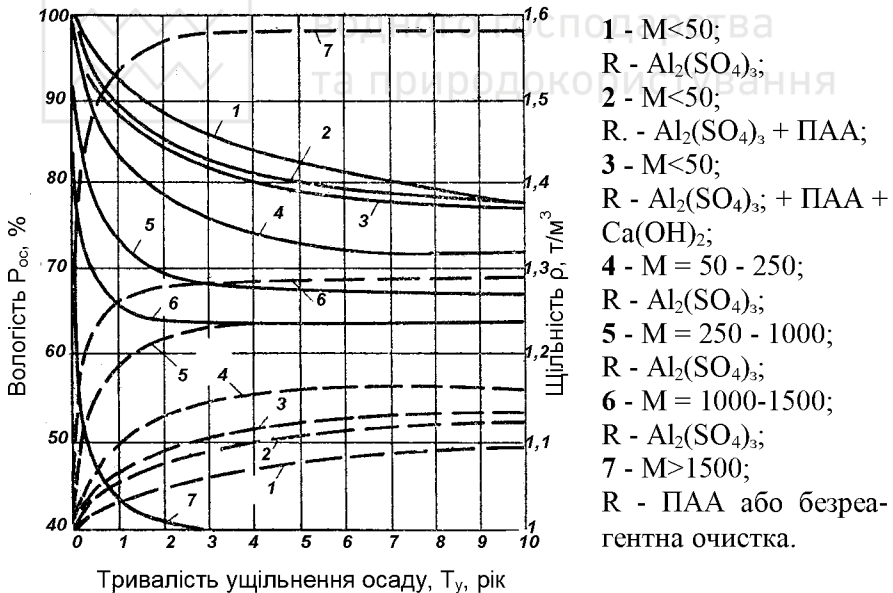


Рис.8.4. Середні значення вологості та щільності осаду станції прояснення і знебарвлення води при багаторічному ушіленні

Вологість позначена суцільною лінією, щільність – пунктиром.



**Приклад.** Визначити потрібну площу накопичувача.

**Вихідні дані.** Станція прояснення і знебарвлення води продуктивністю  $q_f = 1500 \text{ м}^3/\text{год}$ , каламутність вихідної води  $M = 100 \text{ мг/л}$ , кольоровість  $K = 60 \text{ град}$ , доза сірчаноокислого алюмінію  $D_k = 30 \text{ мг/л}$ .

**Розрахунок.** Концентрація завислих речовин у воді, що надходить на очистку  $C_v = 100 + 0,5 \cdot 30 + 0,25 \cdot 60 = 130 \text{ мг/л}$ .

Накопичувачі розраховуються на 5 років, вологість(%) і щільність ( $\text{т/м}^3$ ) осаду по роках згідно рис. 8.4. відповідно дорівнюють **84,78, 76,74,73 та 1.10, 1.12,1.14,1.15,1.16.**

Потрібний об'єм накопичувача

$$W_{\text{нак}} = \frac{0,876 \cdot 1500 \cdot 130}{\frac{1}{16-1,1} + \frac{1}{22-1,12} + \frac{1}{24-1,14} + \frac{1}{26-1,15} + \frac{1}{27-1,16}} = 854100 \text{ м}^3$$

При кількості накопичувачів 2, площа одного **427050 м<sup>3</sup>**. При середній глибині накопичувача 2м. Потрібна площа одного дорівнює **213525 м<sup>2</sup>**.

## 8.7. Майданчики заморожування або підсушування осаду

Майданчики заморожування для зневоднення осаду (рис.8.5) передбачаються в районах з періодом стійкого морозу не менше 2міс на рік. Вивезення осаду проводиться через 1-3 роки в місця складування.

Майданчики заморожування являють собою сплановану ділянку, обмежену валками з ґрунту та обладнану пристроями для напуску осаду й відведення води. В залежності від місцевих умов і розмірів, майданчики можна поділити на секції.

Загальна корисна площа майданчиків заморожування  $F_{\text{м.з}}$ .

$$F_{\text{м.з}} = F_v + F_{\text{л.о.}} + F_z, \quad (8.9)$$

де  $F_v$ ,  $F_{\text{л.о.}}$ ,  $F_z$  - площі майданчика,  $\text{м}^2$ , що визначаються по дзеркалу при заповненні майданчиків на половину глибини, відповідно, для весняного, літньо-осіннього та зимового напуску осаду.

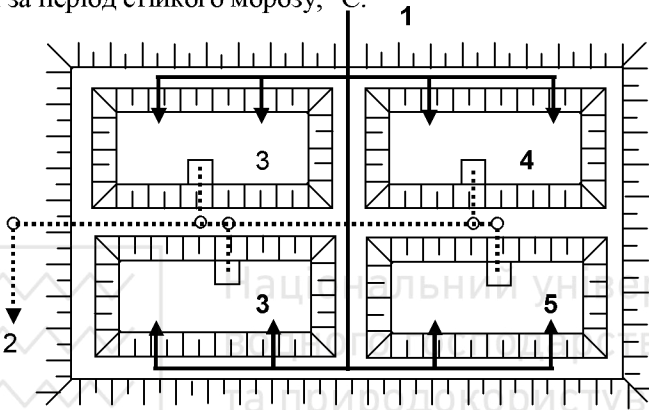
Корисна площа майданчиків для весняного та літньо-осіннього напусків визначається за умови утворення шару осаду, який дорівнює



глибині промерзання  $H_{пр}$ , м, в зимовий період

$$H_{пр} = 0,017 \sqrt{\sum t}, \quad (8.10)$$

де  $\sum t$  - сума абсолютних значень від'ємних середньодобових температур повітря за період стійкого морозу, °С.



**Рис. 8.5.** Майданчики заморожування або підсушування осаду

1 - напуск осаду на карти; 2 - відведення відстояної води; 3 - карти для зимового напуску осаду; 4, 5 - карти для літньо-осіннього та весняного напусків

Об'єм ущільненого осаду  $W_{ос}^{в.л.}$ ,  $m^3$ , на майданчиках весняного та літньо-осіннього напусків

$$W_{ос}^{в.л.} = \frac{24 \cdot 10^{-4} q_{г} \cdot C_{в} \cdot T_{у}}{(100 - P_{ос}) \rho}, \quad (8.11)$$

де  $q_{г}$  - розрахункові витрати води станцій водопідготовки,  $m^3/год$ ;

$C_{в}$  - середньорічна концентрація завислих речовин у вихідній воді,  $г/м^3$ , що визначається за формулою 5.10;

$P_{ос}$ ,  $\rho$  - середні значення вологості, % та щільності,  $т/м^3$ , осаду весняного та літньо-осіннього періодів, що приймаються за рис. 8.6, 8.7, в залежності від тривалості ущільнення осаду (визначаються від середини



весняного або літньо-осіннього періодів до настання періоду стійкого морозу);

$T_y$  - тривалість розрахункового періоду, доба, що приймається: для весняного періоду - від закінчення періоду стійкого морозу до настання періоду плюсової температури (через один місяць після настання середньодобової температури повітря вище  $0^{\circ}\text{C}$  для районів з періодом стійкого морозу менше 3-х місяців та через 2-х місяці - для районів з періодом стійкого морозу більше 3-х місяців); для літньо-осіннього періоду - до настання періоду стійкого морозу.

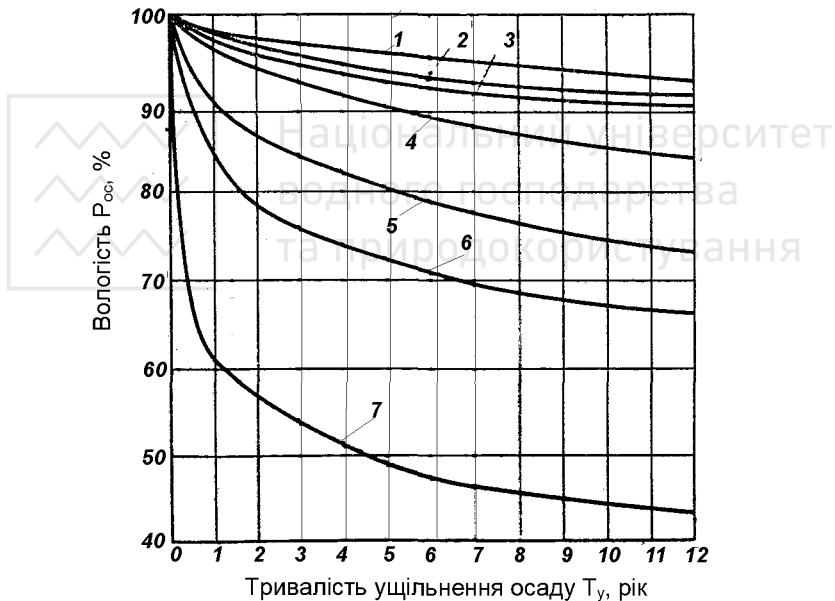
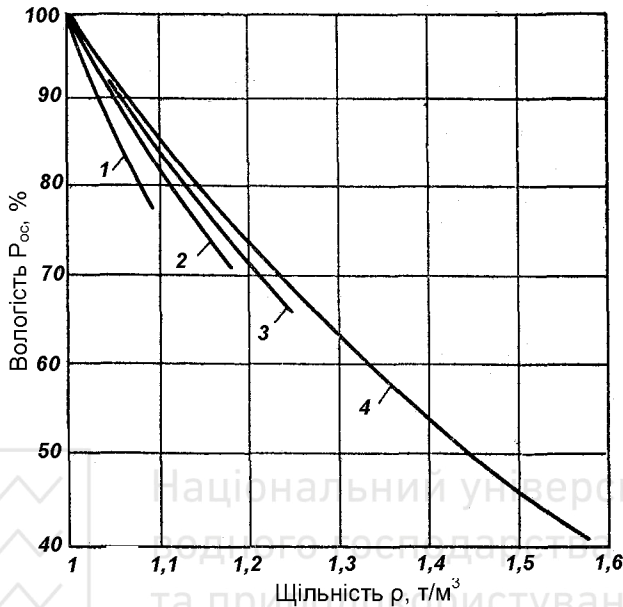


Рис.8.6. Середні значення вологості осаду станцій знебарвлення води при ущільненні до одного року

$M$  - кількість завислих речовин у вихідній воді, мг/л;  $R$ - реагенти;

- 1 -  $M < 50$ ;  $R$  -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;      2 -  $M < 50$ ;  $R$  -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  + ПАА;  
3 -  $M < 50$ ;  $R$  -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  + ПАА +  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 4 -  $M = 50 - 250$ ;  $R$  -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  
5 -  $M = 250 - 1000$ ;  $R$  -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;      6 -  $M = 1000 - 1500$ ;  $R$  -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  
7 -  $M > 1500$ ;  $R$  - ПАА або безреагентна очистка.



**Рис.8.7. Значення щільності в залежності від вологості осаду станцій прояснення та знебарвлення води**

$M$  - кількість завислих речовин у воді, мг/л;  $R$  - реагенти;

1 -  $M < 50$ ;  $R - Al_2(SO_4)_3$ ; 2 -  $M < 50$ ; ( $M = 50-250$ )  $R - Al_2(SO_4)_3 + ПАА$ ;  $R - Al_2(SO_4)_3$ ; 3 -  $M = 250-1000$ ;  $R - Al_2(SO_4)_3$ ; 4 -  $M = 1000-1500$ ;  $R - Al_2(SO_4)_3$ .

Корисна площа майданчика для зимового напуску, що надійшов у період стійкого морозу, визначається за формулою 8.11, без урахування ущільнення осаду на майданчику  $P_{ос} = 99\%$ ,  $\rho = 1,01 \text{ т/м}^3$ . Майданчик для зимового напуску осаду передбачається секційним, при площі однієї секції в залежності від об'єму осаду, що випускається із споруд, та шару осаду  $H_n = 0,07-0,1 \text{ м}$  при одному напуску.

Шар осаду на кожній секції майданчика зимового напуску  $H_{зим}$ , м, належить визначати як суму послідовно наморозжених шарів осаду за період стійкого морозу

$$H_3 = H_n \cdot n_n, \quad (8.12)$$



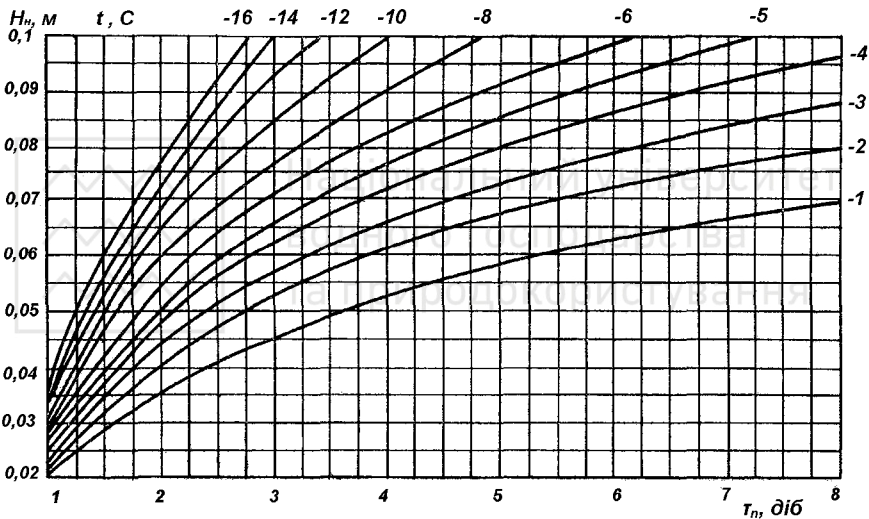
де  $n_n$  – кількість напусків осаду на одну секцію за період сталого морозу, шт

$$n_n = K_m \cdot S / \tau , \quad (8.13)$$

де  $K_m = 0,8$  – коефіцієнт, який враховує неповне використання періоду сталих морозів;

$S$  – кількість днів в період сталих морозів;

$\tau$  – тривалість промерзання шару осаду, доба (рис.8.8) .



**Рис. 8.8. Залежність глибини проморожування шару осаду від середньодобової температури повітря та тривалості проморожування**

Напуск осаду виконують лотками, що розташовані з одного боку майданчика, а пристрій випуску проясненої води - з другого. Ширину майданчика приймають не більш як 40 м. Пристрої для напуску осаду на майданчики (секції) та відведення проясненої води слід передбачати на протилежних сторонах на відстані не більше 40м. Відстань від пристрою для напусків осаду до відведення проясненої води повинна бути не більше 30м. Пристрої для подачі осаду не повинні допускати



розмивання основи майданчиків або шару замерзлого осаду. Пристрої для відведення проясненої води мають забезпечувати видалення води з будь-якого рівня по глибині майданчиків.

Подачу осаду до майданчиків необхідно передбачати трубопроводами, напуск осаду на майданчики - відкритими лотками з нахилом 0,01 та мінімальними розмірами 250x250мм, які розташовані вздовж довгої сторони майданчиків.

Майданчики заморозування допускається проектувати при умові залягання ґрунтових вод на глибині не менше 1,5м від основи майданчиків. При необхідності слід передбачати пристрій для відведення ґрунтових і поверхневих вод.

Будівельну висоту захисних валиків майданчиків (секцій) заморозування  $H_6$ , м, належить визначати

$$H_6 = \frac{N_n W_{p.ос}}{F_M} + H_p + 0,2, \quad (8.14)$$

де  $N_n$  - кількість років накопичення ущільненого осаду;

$W_{p.ос}$  - річний об'єм ущільненого осаду, м<sup>3</sup>, вологістю 70%;

$F_M$  - загальна площа майданчиків заморозування, м<sup>2</sup>;

$H_p$  - шар неущільненого осаду, м, за останній рік перед вивезенням осаду.

Майданчики підсушування осаду використовують у південних районах, де дефіцит вологи становить понад 800 мм. Зневоднення осаду досягається підсушуванням на відкритому повітрі та дії власної маси осаду. Зневоднений осад вивозять через один — три роки після напуску. Загальна корисна площа майданчиків підсушування визначається подібно до попередніх із врахуванням зимово-весняного та літнього напуску, відповідно, підсушування осаду та випаровування води, річної кількості осадів, об'єму осаду та його середньої вологості.

Загальна корисна площа майданчиків підсушування осаду  $F_{м.з}$ , м<sup>2</sup>

$$F_{м.з} = F_{з.в.} + F_{л.} \quad (8.15)$$

де  $F_{з.в.}$  і  $F_{л.}$  - площі майданчиків підсушування, відповідно, для зимово-весняного та літнього напусків осаду, м<sup>2</sup>.

Корисну площу майданчиків для напуску осаду в зимово - весняний



період  $F_{з.в.}$  м<sup>2</sup> необхідно визначати

$$F_{з.в.} = \frac{1000 \cdot W_{ос}^{з.в.}}{0,75 \cdot (E_p - A_p)}, \quad (8.16)$$

де  $E_p$  - кількість води, що випаровувалась за рік з вільної водної поверхні, мм;

$A_p$  - річна кількість опадів, мм;

$W_{ос}^{з.в.}$  - об'єм осаду в зимово-весняний період, м<sup>3</sup>

$$W_{ос}^{з.в.} = W_{1ос} - W_v, \quad (8.17)$$

де  $W_{1ос}$  - об'єм осаду, м<sup>3</sup>, що випускається на майданчики підсушування упродовж зимово - весняного періоду з середньою вологістю  $P_{ос}$ , %;

$W_v$  - об'єм води, м<sup>3</sup>, що виділився з осаду в результаті його ущільнення на майданчиках

$$W_v = W_{1ос} \left[ \frac{1 - (100 - P_{1ос})}{100 - P_{ос}} \right] \quad (8.18)$$

де  $P_{ос}$  - вологість осаду, що ущільнився на майданчиках підсушування за час зимово - весняного періоду і визначається за рис. 8.6;

$P_{1ос}$  - вологість осаду, %, що приймається при випуску осаду із згущувачів за табл.8.3, а з відстійників і прояснювачів - за формулою

$$P_{1ос} = \frac{100 \cdot (\rho_{тв} - \delta)}{\rho_{тв} - \delta + \rho_{тв} \cdot \delta}, \quad (8.19)$$

де  $\rho_{тв}$  - середня щільність твердої фази в осаді, яка приймається від 2,2 до 2,6 г/м<sup>3</sup>;

$\delta$  - концентрація твердої фази в осаді, т/м<sup>3</sup>, що приймається за табл.5.2 з урахуванням розбавлення осаду під час його випуску.





Значення  $F_p$ , мм, визначається

$$F_p = 0,15T_d(I_0 - I_{200})(1 + 0,72V_{200}), \quad (8.20)$$

де  $T_d$  - сумарна кількість днів на рік, що характеризуються дефіцитом вологості;

$I_0$  - середня пружність насичених водяних парів, що відповідає температурі осаду, мілібар;

$I_{200}$  - середня пружність водяних парів, що відповідає абсолютній вологості повітря на висоті 200см від водної поверхні, мілібар, приймається за даними метеорологічної станції;

$V_{200}$  - середня швидкість вітру на висоті 200см, м/с.

Корисну площу майданчиків для напуску осаду в літній період необхідно визначати за формулою 8.15, при цьому, значення  $F_p$  і  $A_p$  належить приймати усередненими за період стійкого дефіциту вологості. Час від моменту напуску осаду на майданчик до початку видалення води, що відділилася з осаду, потрібно приймати 4 -5 діб. Об'єм ущільненого осаду літнього напуску належить визначати за формулою 8.17, аналогічно для зимово-весняного напуску приймаючи вологість і щільність осаду по рис.8.6, 8.7.

**Приклад.** Розрахувати майданчики заморожування осаду.

**Вихідні дані.** Тривалість весняно-літньо-осіннього періоду в даному регіоні складає  $T_{в.л.о.} = 210$  діб (7 місяців), зимового періоду  $T_z = 155$  діб (5 місяців), середньодобова температура в грудні, найбільш холодному місяці -  $10^{\circ}\text{C}$ ; сума абсолютних значень від'ємних середньодобових температур повітря  $610^{\circ}\text{C}$ , годинна продуктивність станції  $q_r = 1520$  м<sup>3</sup>/год; вихідна вода має загальну кількість завислих речовин  $M = 230$  мг/л та оброблюється сірчанокислим алюмінієм.

**Розрахунок.** Вихідна вода відноситься до води середньої каламутності, для цієї води осад з першої ступені очистки потрапляє в згузувач. Згідно табл.8.3 вологість осаду, який поступає на майданчики, має вологість  $P_0 = 97\%$ , щільність його  $\rho = 1,02\text{т/м}^3$  (рис.8.7). Згідно рис. 8.6 середня вологість осаду при ущільненні до 3,5 місяці (приймається від середини весняно-літньо-осіннього періоду) дорівнює  $P_{ос} = 93\%$ , рис.8.7, щільність осаду стано-



вить  $\rho=1.04\text{т/м}^3$ .

Об'єм ущільненого осаду на майданчиках весняного та літньо-осіннього періоду

$$W_{\text{ос}}^{\text{в.л.о.}} = \frac{24 \cdot 1520 \cdot 7 \cdot 150}{10000 \cdot (100 - 93) \cdot 1,04} = 526 \text{ м}^3.$$

Об'єм ущільненого осаду в період сталих морозів

$$W_{\text{ос}}^{\text{в.л.о.}} = \frac{24 \cdot 1520 \cdot 5 \cdot 150}{10000 \cdot (100 - 97) \cdot 1,04} = 894 \text{ м}^3.$$

Шар осаду на кожній секції зимового напуску  $H_{\text{ш}}=0.1\text{м}$ , тоді, згідно рис.8.8, приймається тривалість проморожування для грудня - 4. Тоді кількість напусків на одну секцію  $n_{\text{ш}} = (0.1 \cdot 155) / 4=3.9 \approx 4$ .

Висота шару осаду за зимовий період становить  $H = 0.1 \cdot 3.9 = 0.39\text{м}$ .

Висота шару осаду за весняно-літньо-осінній період

$$H_{\text{пр}} = 0,017 \cdot \sqrt{\sum 610} = 0,42\text{м}.$$

Площа майданчиків становить

- весняно-літньо-осінній період

$$F_{\text{в.л.о.}} = 526 / 0,42 = 1252 \text{ м}^2,$$

- зимовий період

$$F_3 = 894 / 0,39 = 2292 \text{ м}^2.$$

Загальна площа майданчиків зневоднення осаду становить

$$F_{\text{зн}} = 1252 + 2292 = 3544 \text{ м}^2.$$

Кількість карт майданчиків зневоднення осаду приймається три із загальною площею кожної  $1200\text{м}^2$ .

При використанні річного терміну накопичення осаду будівельна висота становитиме

$$H_6 = [(1 ( 526 + 894 ) / 3544) + 0,4 + 0,2] = 1,0\text{м}.$$



## 9. ЗАГАЛЬНА КОМПОНОВКА СПОРУД ВОДООЧИСНОЇ СТАНЦІЇ

### 9.1. Проектування станції водопідготовки

Після завершення розрахунків всіх технологічних споруд складається технологічна схема водоочисної станції з нанесенням на попередню висотну схему всього допоміжного обладнання та споруд (додатки А,Б,В). При конструюванні станції основне технологічне обладнання розміщується, по можливості, в окремих (основних) будівлях із використанням стандартної будівельної сітки (кратно 6м) та відповідної висоти поверхів (кратно 0,6м). Перший поверх, звичайно, має відмітку підлоги на 0,15м вищу за поверхню землі. Допоміжне обладнання, як правило, розміщується на відповідних поверхах, за винятком реагентного господарства. Реагенти бажано привозити транспортними засобами і вивантажувати, по можливості, в ємності, що розташовані в підвальних або напівпідвальних приміщеннях. Висотні відмітки споруд уточнюються на основі гідравлічного розрахунку комунікацій та споруд із врахуванням будівельних конструкцій та відміток поверхів в будівлях. При цьому, розрахункові втрати напору повинні бути меншими, ніж „посаджені” на профілі (в будівлі) споруди. Діаметри технологічних трубопроводів станцій прояснення та знебарвлення води призначаються згідно з витратами та рекомендованими швидкостями. Комунікації станцій необхідно розраховувати на можливість пропускання витрати води на 20-30% більше розрахункової [21, п. 6.8]. В таблиці 9.1. наведені рекомендовані швидкості, на які необхідно розраховувати трубопроводи, та найбільш ймовірні витрати води по них. При цьому використовуються наступні позначення:

$Q_T$  - повні витрати води, яка надходить на станцію, м<sup>3</sup>/год;

$N_{пзшо}$  - кількість робочих прояснювачів з завислим шаром осаду, шт;

$N_B$  - кількість робочих відстійників, шт.;

$Q_K$  - корисна продуктивність станції очищення води, м<sup>3</sup>/год;

$N_\Phi$  - кількість швидких фільтрів, шт;

$Q_{пр}$  - витрата промивної води, л/с.



Таблиця 9.1

**Рекомендації щодо підбору діаметрів трубопроводів**

№ п/п	Трубопровід	Витрати води, л/с	Швидкість, м/с
1	Від НС-I до змішувача	$q_1 = 1,2 \cdot q_r / (3,6 \cdot 2)$	1,2...1,5
2	Від змішувачів до камер пластівцеутворення, прояснювачів з завислим шаром осаду	$2 \cdot q_1$	0,6...1,0
	- до одного прояснювача з завислим шаром осаду	$2 \cdot q_1 / N_{\text{пзшо}}$	
3	Від камер пластівцеутворення до відстійників	$2 \cdot q_1$	0,05...0,1
	- до одного відстійника	$2 \cdot q_1 / N_{\text{в}}$	
4	До фільтрів	$q_2 = 1,2 \cdot q_k / 3,6$	0,8...1,2
	- до одного фільтра	$q_2 / N_{\text{ф}}$	
5	Від фільтрів до РЧВ	$q_2$	1,0...1,5
6	Для подачі промивної води на фільтри	$1,2 \cdot q_{\text{пр}}$	1,5...2,0
7	Для відведення промивної води з фільтрів	$1,2 \cdot q_{\text{пр}}$	0,8...1,2

**9.2. Допоміжні приміщення**

В будівлях станцій водопідготовки необхідно передбачати лабораторії, майстерні, побутові та інші допоміжні приміщення. Склад та площі приміщень приймаються залежно від призначення та продуктивності станції, а також джерела водопостачання. Згідно [21, п. 6.201] для станцій підготовки води на господарсько-питні потреби з



поверхневих джерел водопостачання склад та площі приміщень приймаються за табл. 9.2.

Таблиця 9.2

**Склад та площі лабораторій і допоміжних приміщень**

№ п/п	Приміщення	Площі, м <sup>2</sup> , при продуктивності станцій, м <sup>3</sup> /доб			
		менше 3000	3000 - 10000	10000 - 50000	50000 100000
1	Хімічна лабораторія	30	30	40	40
2	Вагова	--	--	6	6
3	Бактеріологічна лабораторія, автоклавна	20	20	20	30
4	Средоварочна і мийна	10	10	10	15
5	Кімната для гідробіологічних досліджень (при вододжерелах, багатих мікрофлорою)	--	--	8	12
6	Приміщення для зберігання посуду і реактивів	10	10	10	15
7	Кабінет завідувача лабораторією	--	--	8	10
8	Місцевий пункт управління	Призначається за проектом диспетчеризації і автоматизації			
9	Кімната для чергового персоналу	8	10	15	20
10	Контрольна лабораторія	--	10	10	15
11	Кабінет начальника станції	6	6	15	15
12	Майстерня для поточного ремонту дрібного устаткування і приладів	10	10	15	20
13	Вбиральня, душ і санітарно-технічний вузол	ДБН В.2.2-9-99 „Громадські будинки та споруди”, розділ.7			

*Примітки: 1. Допускається зміна площ лабораторій і допоміжних приміщень до 15% вказаних в таблиці, залежно від будівельних рішень будівель.*

*2. При централізованому контролі якості води склад лабораторій і допоміжних приміщень може бути зменшений за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби.*

*3. При подачі споживачам підземної води без підготовки із знезараженням її хлором, належить передбачати тільки приміщення площею 6 м<sup>2</sup> для проведення аналізу на зміст залишкового хлору.*



### 9.3. Компонування майданчика водоочисної станції

Вибір майданчика для будівництва водоочисної станції повинен виконуватися з врахуванням вимог [21, п.14]. Планування майданчиків водоочисних споруд повинне забезпечувати максимально сприятливі умови для виробничого процесу та праці, раціональне та економне використання земельної ділянки та найбільшу ефективність капітальних вкладень. Майданчик водоочисних споруд необхідно розміщувати на землях несільськогосподарського призначення або непридатних для сільського господарства. Планувальні відмітки майданчика, який розміщується на прибережних ділянках водойми, повинні прийматися не менше, ніж на 0,5 м вище розрахункового максимального рівня води, забезпеченість якого приймається згідно [21, табл. 11], з врахуванням вітрового нагону хвилі і висоти нахату вітрової хвилі на укис, згідно СНиП 2.06.04-82.

Вибір майданчика для будівництва водоочисної станції повинен виконуватися з врахуванням можливості влаштування зони санітарної охорони. Межа першого поясу зони водопровідних споруд повинна співпадати з огороженням і передбачатися на відстані: від стін резервуарів води, фільтрів (крім напірних), контактних прояснювачів з відкритою поверхнею води – не менше 30 м; від стін інших споруд та стовбурів водонапірних башт – не менше 15 м. Санітарно-захисна смуга навколо першого поясу зони водопровідних споруд, які розміщені за межами другого поясу зони джерела водопостачання, повинна мати ширину не менше 100 м.

При проектуванні водоочисної станції всі технологічні споруди та допоміжні приміщення бажано розташовувати в одній будівлі, з метою зменшення вартості будівельно-монтажних робіт та спрощення експлуатації. Відстань між будівлями та спорудами, в т.ч. інженерними мережами, необхідно приймати мінімально допустиму, при цьому щільність забудови майданчика повинна бути не менше 50%. Необхідно передбачати розширення станції по мірі збільшення водоспоживання. При цьому, повинні бути залишені вільні від надземної забудови та підземних комунікацій площадки для другої черги.

Для забезпечення безперервності водопостачання на водоочисній станції передбачаються системи обвідних трубопроводів, що забезпечує можливість подачі води, минаючи основні технологічні



споруди, а також відключення окремих споруд станції.

На території станції (в санітарній зоні суворого режиму) розміщуються всі передбачені допоміжні приміщення: насосні станції I та II піднятиїв, РЧВ, понижувальна трансформаторна підстанція, котельня, майстерня, склади та прохідна. Не допускається розміщувати на території санітарної зони суворого режиму приміщення, які не мають безпосереднього відношення до експлуатації (контора станції, гаражі, приміщення служби охорони тощо).

Виходячи з економічних міркувань, понижувальну трансформаторну підстанцію розташовують в центрі енергонавантаження (біля насосної станції), котельню - в центрі теплового навантаження, як правило, це головний корпус з підвітряної сторони.

Витратні склади для зберігання хлор-газу на майданчику водоочисних споруд необхідно розміщувати від будівель та споруд (які не відносяться до складського господарства) з постійним перебуванням людей і водойм на відстані не менше 30 м.

Згідно [21, п.14.4] очисна станція повинна огороджуватись. Для майданчиків станції водопідготовки зону санітарної охорони I-го поясу огороджують глухою огорожею висотою 2,5 м, зокрема, передбачається колючий дріт в 4-5 ниток на кронштейнах з внутрішньої сторони огороження (поз. а рис. 9.1). Примикання до огороження будівель, крім прохідних та адміністративних будівель, не допускається. На майданчиках водоочисних споруд із зоною санітарної охорони першого поясу повинні передбачатися технічні засоби охорони:

- заборонена зона шириною 5-10 м (поз. б) вздовж внутрішньої сторони огороження майданчика, який огорожується колючим чи гладким дротом на висоту 1,2 м (поз. в.);

- стежка наряду (поз. г) всередині забороненої зони шириною 1 м на відстані 1 м від огороження забороненої зони;

- стовпи - покажчики (поз. д), які позначають межу забороненої зони, що встановлюються не більше ніж через 50 м;

- охоронне освітлення по периметру огороження (поз. е), при цьому світильники необхідно встановлювати над огороженням із розрахунку освітлення підступів до огороження, самого огороження і частини забороненої зони до стежки наряду;

- постовий телефонний зв'язок та двостороння електродзвонникова



сигналізація постів з пунктом керування або караульним приміщенням, яке необхідно передбачати, при необхідності, на водопроводах I категорії.

Таблиця 9.3

**Відстані від найближчих інженерних мереж**  
(ДБН 360-92\*\* „Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень”)

Інженерні мережі	Відстані, м, по горизонталі (у світлі) від підземних мереж до		
	фундаментів будинків і споруд	фундаменту огорож підприємства	фундаментів опор повітряних ліній електропередачі до 1 кВт зовнішнього освітлення
водопровід і напірна каналізація	5	3	1
самопливна каналізація (побутова і дощова)	3	1,5	1
газопроводи горючих газів низького (до 0,005МПа) тиску	2	1	1
газопроводи горючих газів середнього (0,005 – 0,3 МПа) тиску	4	1	1
теплові мережі від зовнішньої стінки каналу, тунелю	5	1,5	1
кабелі силові всіх напруг, кабелі зв'язку	0,6	0,5	0,5 (стосується відстаней тільки від силових кабелів)

Водоочисні споруди з площадкою більше 5 га повинні мати не менше 2 в'їздів. Ширину доріг (проїжджої частини) приймають 4,5 м, як для доріг V-ї категорії. Ширина воріт автомобільних в'їздів на водоочисний майданчик необхідно приймати по ширині автомобіля





плюс 1,5 м, але не менше 4,5 м. Ширину тротуарів приймають кратною смузї руху шириною 0,75 м, при цьому, мінімальна ширина тротуару повинна бути не менше 1,5 м. До будівель та споруд необхідно передбачати під'їзди та роз'їзди з полегшеним удосконаленим покриттям.

Таблиця 9.4.

**Відстань між сусідніми інженерними підземними мережами (ДБН 360-92\*\* «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень»)**

Інженерні мережі	Відстань, м, по горизонталі (у світлі) до						
	водопроводу	каналізації	газопроводів тиску		кабелів силових усіх напруг	кабелів зв'язку	теплових мереж зовнішніх стінок каналу, тунелю
			низького	середнього			
водопровід	Згідно табл. 9.5	1,5	1	1	0,5	0,5	1,5
каналізація	1,5	0,4	1	1,5	0,5	0,5	1
газопровід низького тиску	1	1	0,5	0,5	1	1	2
газопровід середнього тиску	1	1,5	0,5	0,5	1	1	2
кабелі зв'язку	0,5	0,5	1	1	0,5	--	1
кабелі силові всіх напруг	0,5	0,5	1	1	0,1 – 0,5	0,5	2
теплові мережі, зовнішня стінка каналу	1,5	1	2	2	2	1	--



До будівель та споруд по всій їх довжині повинні бути забезпечені під'їзди пожежних автомашин: з однієї сторони – при ширині будівлі чи споруди до 18 м та з двох сторін – при ширині більше 18 м. Під'їзди для пожежних автомашин не потрібно передбачати до будівель та споруд матеріали та конструкція яких, а також технологічні процеси, виключають можливість загоряння.

Таблиця 9.5.

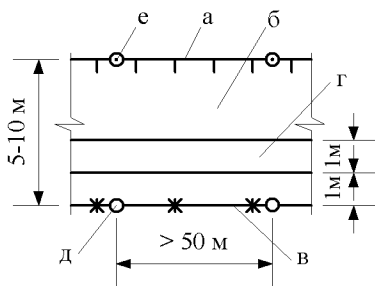
**Відстань в плані між зовнішніми поверхнями водопровідних труб**

Матеріал труб	Діаметр, мм	Вид ґрунту (за СНиП 2.02.01-83*)					
		скельні		крупно-уламчасті породи, пісок гравелистий, пісок крупний, глина		пісок середньої крупності, дрібний, піщуватий, супіски, суглинки, ґрунти з домішками рослинних залишків, заторфовані ґрунти	
		Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )					
		≤ 1 (10)	> 1 (10)	≤ 1 (10)	> 1 (10)	≤ 1 (10)	> 1 (10)
		Відстань в плані між зовнішніми поверхнями водопровідних труб, м					
Сталеві	<400	0,7	0,7	0,9	0,9	1,2	1,2
Сталеві	>400 <1000	1	1	1,2	1,5	1,5	2
Сталеві	>1000 <400	1,5	1,5	1,7	2	2	2,5
Чавунні	> 400	1,5	2	2	2,5	3	4
Чавунні	<600	2	2,5	2,5	3	4	5
Залізобетонні	> 600	1	1	1,5	2	2	2,5
Залізобетонні		1,5	1,5	2	2,5	2,5	3
Пластмасові	<600	1,2	1,2	1,4	1,7	1,7	2,2
Пластмасові	> 600	1,6	--	1,8	--	2,2	--

Примітки: 1. При паралельному прокладанні водоводів на різних рівнях, вказаних в таблиці відстаней, необхідно дотримуватися, виходячи з різниці відміток закладання труб.

2. Для водоводів, які розрізняються за діаметром та матеріалом труб, відстані необхідно приймати по тому виду труб, для якого вони є більшими.

Відстань між будівлями та спорудами, які освітлюються через віконні пройми, повинна бути не менше найбільшої висоти до верху карнизу навпроти розташованих будівель та споруд.



**Рис.9.1. Схема влаштування технічних засобів охорони на майданчику водоочисних споруд**

Висотні споруди, які не мають світлових проймів (труби, водонапірні башти, колони тощо), дозволяється розміщувати від стіни будівель чи споруд на відстані не менше діаметра споруди. Якщо в зоні можливого зіткнення від висотної споруди в стіні будівлі світлові пройоми відсутні, то відстань між ними не нормується. Відстань від краю автомобільної дороги до будівель та споруд повинна бути не менше 1,5 м. Мінімальна відстань між деревами та чагарниками рядової посадки приймається: для чагарників висотою до 1 м – 0,4 м, для – дерев – 2,5-3 м. Мінімальна відстань від будівель та споруд до дерев та чагарників приймається згідно табл. 9.6.

Таблиця 9.6

**Відстань між зеленими насадженнями та будівлями і спорудами**

Елементи будівель та споруд	Відстань, м, до осі	
	стовбура дерева	чагарника
Зовнішні грані будівель споруд	5	1,5
Щогли і опори мережі освітлення, колон	4	--
Підшви укосів тощо	1	0,5
Зовнішні грані підшви підпірних стін	3	1
Край тротуарів	0,7	0,5
Кромка укріпленої обочини дороги	2	1,2
Теплові мережі (від стінок каналу)	2	1
Силові кабелі і кабелі зв'язку	2	0,7

Умовні позначення трубопроводів складаються з графічного умовного позначення або спрощеного зображення трубопроводу та



літерно-цифрового або цифрового позначення, яке характеризує вид середовища, що транспортується, його призначення та параметри. Літерою, або першою цифрою позначають вид середовища, що транспортується, наступними цифрами – призначення та (або) параметри середовища, що транспортується. Літерно-цифрові позначення трубопроводів санітарно-технічних систем (зовнішніх мереж водопостачання, каналізації, теплових мереж, внутрішніх водопроводу і каналізації, гарячого водопостачання, опалення, вентиляції і кондиціонування) (ДСТУ Б Д.2.4-8-95 «Умовні позначення елементів санітарно-технічних систем») наведені в табл. 9.7.

Якщо треба показати, що ділянка мережі каналізації або конденсатопроводу є напірною, то літерно-цифрове позначення доповнюють прописною літерою «Н», наприклад: К4Н; Т8Н.

Будинки, споруди, інженерні мережі, транспортні будівлі, елементи озеленення і благоустрою (далі елементи генеральних планів та споруд транспорту), що проектуються, зображають на кресленнях із застосуванням умовних графічних позначень і спрощених зображень, які встановлені ДСТУ Б А.2.4-2-95 «Умовні графічні позначення і зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту». Існуючі елементи генеральних планів, а також умовні скорочення найменувань матеріалу покриттів, шляхів, вимощень, тротуарів тощо, які використовують в кресленнях, виконують згідно з „Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:1000, 1:500”.

Зображення наземних і надземних будинків, споруд, інженерних мереж і транспортних будов, що проектуються, виконують суцільною товстою основною лінією, підземних - штриховою товстою лінією за ГОСТ 2.303. Умовні графічні позначення і зображення виконують в масштабі креслення, з урахуванням рекомендованих розмірів, що наведені в додатку М в міліметрах. Застосовані умовні графічні позначення і зображення, які не увійшли в ДСТУ Б А.2.4-2-95 (додаток М), необхідно пояснювати на кресленнях. Трубопроводну, кабельну або повітряну мережу наносять однією лінією, яка відповідає осі (трасі) мережі, і супроводжують встановленими літеро-цифровими позначеннями. Літеро-цифрові позначення мережі наносять в розривах лінії.



Таблиця 9.7

**Літеро-цифрові позначення трубопроводів**

Найменування	Позначення
1	2
<b>1. Водопровід:</b>	
а) загальне позначення	В0
б) господарсько-питний*	В1
в) протипожежний*	В2
г) виробничий*:	
загальне позначення	В3
оборотної води, подавальний	В4
оборотної води, зворотний	В5
річкової води	В7
річкової проясненої води	В8
підземної води	В9
<b>2. Каналізація:</b>	
а) загальне позначення	К0
б) побутова	К1
в) дощова	К2
г) виробнича:	
загальне позначення	К3
механічно забруднених вод	К4
мулова	К5
вод, що містять шлам	К6
хімічно забруднених вод	К7
кислих вод	К8
лужних вод	К9
кислотолужних вод	К10
<b>3. Теплопровід:</b>	
загальне позначення	Т0
подавальний	Т1
зворотний	Т2

\* У тому випадку, коли господарсько-питний або виробничий водопровід є одночасно і протипожежним, йому присвоюють позначення господарсько-питного або виробничого водопроводу, а призначення роз'яснюють на кресленнях мережі з інтервалами не



більше 100 мм, а також біля характерних точок (поворотів, перехрещень, введів у будинки і споруди тощо). Мережі, що прокладаються в одній траншеї або на одній лінії опор, допускається зображати однією лінією, вказуючи види мереж на полиці лінії-виноски. Мережі, що прокладаються в комунікаційних спорудах, у межах цих споруд графічно не позначають.

Для зазначення виду і кількості мереж наводять літеро-цифрові позначення на полиці лінії - виноски. Якщо в проекті всі позамайданчикові мережі прокладені під землею, допускається умовно зображати їх суцільною лінією з відповідним поясненням. Трасу високовольтних ліній електропередачі (ВЛ), резервну або перспективну, зображають тонкою штриховою лінією. Межу коридору ВЛ зображають суцільною тонкою лінією.

Пропонується наступний порядок розроблення генплану водоочисних споруд:

1. визначити розміри всіх будівель та споруд;
2. безмасштабно розмістити будівлі і споруди з врахуванням вище викладених вказівок;
3. прокласти всі комунікації;
4. встановити мінімальну відстань між будівлями та спорудами, враховуючи прокладені комунікації;
5. остаточно (в масштабі) накреслити будівлі і споруди, комунікації;
6. нанести дороги та тротуари;
7. нанести огороження;
8. провести озеленення території;
9. нанести необхідні розміри та роз'яснення.

Приклади оформлення генпланів очисних споруд наведені в додатках:

- Додаток Д – станція з прояснювачами із завислим осадом та швидкими фільтрами;
- Додаток Е – станція з контактними прояснювачами;
- Додаток Ж – станція з горизонтальними відстійниками.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. **Абрамов Н.Н.** Водоснабжение.- М. : Стройиздат, 1982. - 440 с.
2. **Белан А.Б., Хоружий П.Д.** Проектирование и расчет устройств водоснабжения. - К.: Будивельник, 1981. - 188 с.
3. **ВБН 46/33—2.5—5—96.** Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. - К., 1996. - 152 с.
4. **Водоснабжение /** Найманов А.Я., Никиша С.Б., Насонкина Н.Г., Омельченко Н.П., Маслак В.Н., Зотов Н.И., Найманова А.А. – Донецк: Норд-Прес, 2004. - 649с.
5. **ГОСТ 2761—84.** Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. - М.: Стройиздат, 1985.- 12 с.
6. **Душкин С.С., Дегтярева Л.И.** Водоподготовка и процессы микробиологии: Уч. пособие. - К.: Вища школа, 1996. - 164с.
7. **Кожин В.Ф.** Очистка питьевой и технической воды.- М.: Стройиздат, 1971. - 303с.
8. **Кулаков В.В., Сошников Е.В., Чайковский Г.П.** Обезжелезивание и деманганация подземных вод: Уч. пособие. - Хабаровск: ДВГУПС, 1998. - 100с.
9. **Кульский Л.А., Булава М.Н.** и др. Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов. - К.: Будивельник, 1972.- 424с.
10. **Кульский Л.А., Строкач П.П.** Технология очистки природных вод. – К.: Вища школа, 1986. – 352с.
11. **Кургаев Е.Ф.** Основы теории и расчета осветлителей. - М.: Госстройиздат, 1962. - 163 с.
12. **Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А.** Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения.- М.: Высш. шк., 1984. - 368 с.
13. **Николадзе Г.И.** Водоснабжение.- М. : Стройиздат, 1979. - 238с.
14. **Оводов В. С.** Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение.- М. : Колос, 1984. - 479с.
15. **Орлов В.О.** Сільськогосподарське водопостачання. - К.: Вища школа, 1998. - 182с.
16. **Орлов В.О., Зошук А.М., Маргинов С.Ю.** Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки. - Рівне: РДТУ, 1999.- 144с.

- 17 **Орлов В.О., Зошук А.М.** Проектування систем сільськогосподарського водопостачання. - Рівне: НУВГП, 2005.-252с.
- 18 **Орлов В.О., Шевчук Б.И.** Интенсификация работы водоочистных сооружений. - К.: Будивельник, 1989.- 128 с.
- 19 **Орлов В.О.** Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. – 163с.
- 20 **Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды ( к СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" ) / НИИ КВОВ АКХ им. К.Д. Памфилова.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.- 128с.**
- 21 **СНиП 2.04.02-84.** Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.- 136с.
- 22 **Старинский В.П., Михайлик Л.Г.** Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов. –Минск: Вышэйшая школа, 1989. -269с.
- 23 **Справочник монтажника: Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / Под ред. А. К. Перешивкина.- М.: Стройиздат, 1978.—576с.**
- 24 **Теоретические основы очистки воды / Н.И.Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышов, В.Н. Маслак, Н.И. Зотов. - Макеевка: ДГАСА, 1999.- 277с.**
- 25 **Тугай А.М., Орлов В.О.** Водопостачання. Підручник для вузів. – Рівне: РДТУ, 2001. – 429с.
- 26 **Тугай А. М., Прокопчук И. Т.** Эксплуатация и ремонт систем сельскохозяйственного водоснабжения. - К. : Будивельник, 1988.- 176 с.
- 27 **Тугай А.М., Терновцев В.Е.** Водоснабжение: Курсовое проектирование. - К. : Вища шк., Головное изд-во, 1980.- 206 с.
- 28 **Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А.** Розрахунок і проектування систем водопостачання: Навчальний посібник. –К.: КНУБА, 2001. –254с.
- 29 **Хоружий П.Д., Орлов В.О та ін.** Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації. – К. : Урожай, 1992. - 294с.
- 30 **Хоружий П.Д., Ткачук А.А. и др.** Эксплуатация систем водоснабжения и канализации. Справочник. - К.: Будивельник, 1993. - 232 с.
- 31 **Хаммер М.** Технология обработки природных и сточных вод. - М.: Стройиздат, 1979.- 400с.
- 32 **McGhee, Terence J.** Water supply and sewerage. – New York, 1991. – 602p.



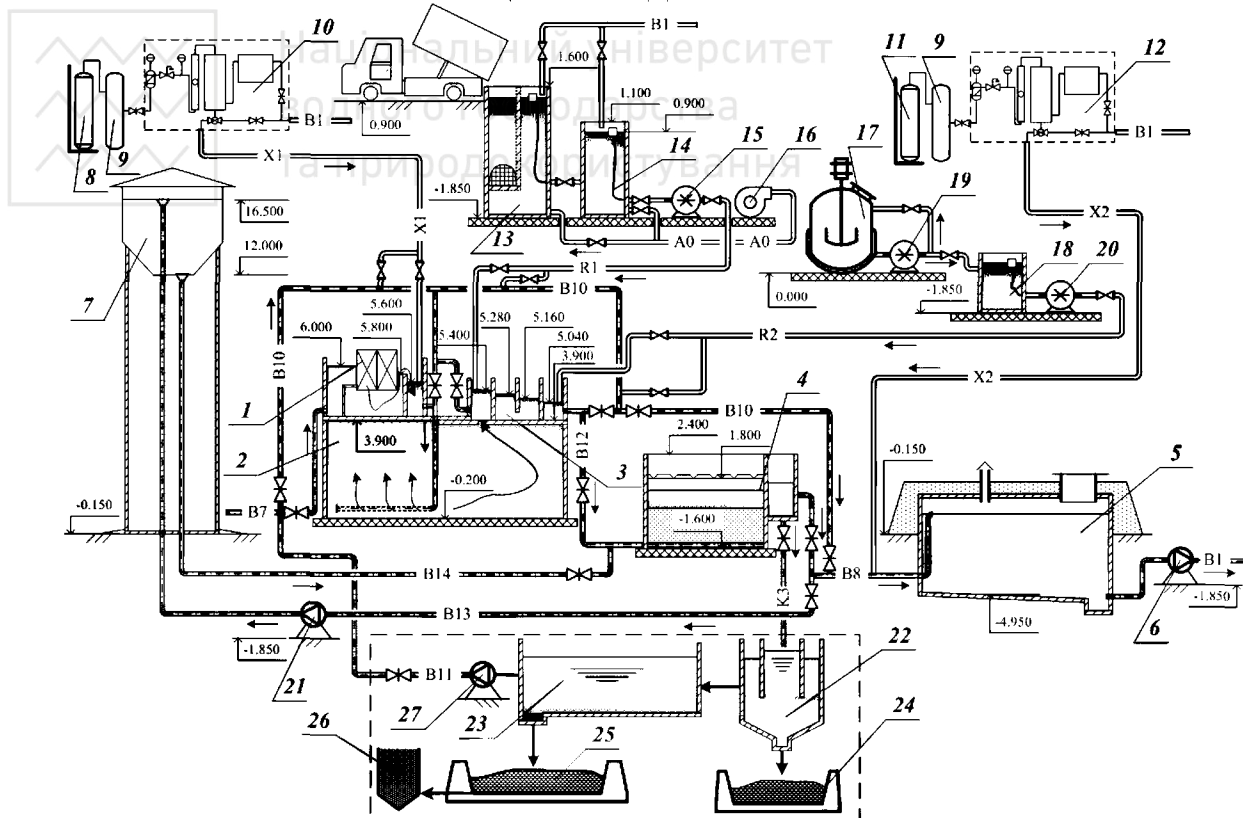


Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



**Д О Д А Т К И** університет  
водного господарства  
та природокористування

## ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З КОНТАКТНИМИ ПРОЯСНЮВАЧАМИ



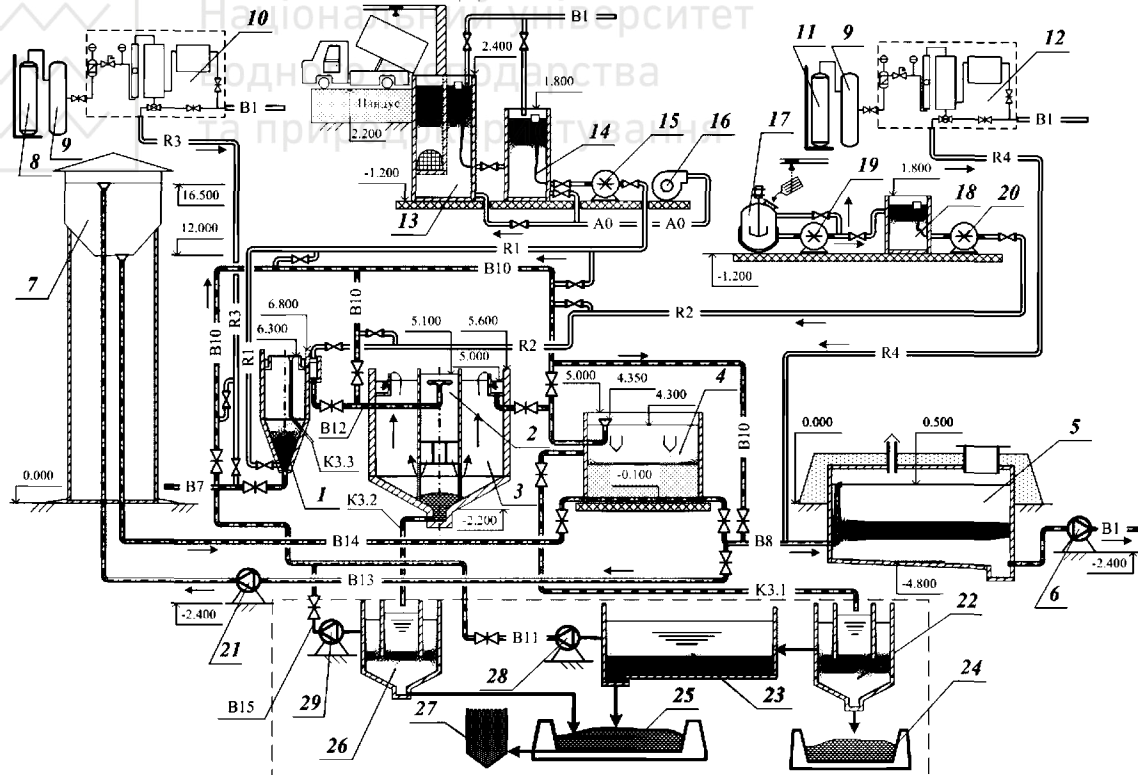
**УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ**

№ п/п	Позн. тр-ду	Призначення трубопроводу
1	B1	Водопровід господарсько-питного призначення
2	B7	Водопровід річкової води
3	B8	Водопровід річкової проясненої води
4	B10	Обвідний трубопровід
5	B11	Водопровід відстояної промивної води
6	B12	Водопровід скоагульованої води
7	B13	Водопровід поповнення рівня води в промивній башті
8	B14	Водопровід подачі води на промивку
9	K3	Виробнича каналізація (трубопровід відведення брудної промивної води)
10	X1	Хлоропровід для первинного хлорування
11	X2	Хлоропровід для знезараження води
12	R1	Трубопровід подачі розчину коагулянту
13	R2	Трубопровід подачі розчину флокулянту
14	A0	Повітряпровід

**ЕКСПЛІКАЦІЯ СПОРУД І ОБЛАДНАННЯ**

Позн.	Найменування
1	Мікрофільтр
2	Контактний резервуар
3	Перегородчатий змішувач
4	Контактний прояснювач
5	РЧВ
6	Насос подачі води споживачам
7	Промивна башта
8	Витратний балон з хлором для первин. хлорування
9	Проміжний балон
10	Хлоратор для первинного хлорування
11	Витратний балон з хлором для знезараження води
12	Хлоратор для знезараження води
13	Розчинний бак розчину коагулянту
14	Витратний бак розчину коагулянту
15	Насос-дозатор розчину коагулянту
16	Компресор
17	Бак з мішалкою для готування розчину флокулянта
18	Витратний бак флокулянта
19	Циркуляційно-перекач. насос розчину флокулянта
20	Насос-дозатор розчину флокулянту
21	Насос підкачки води в промивну башту
22	Піскоуловлювач
23	Періодичний відстійник
24	Пісковий майданчик
25	Накопичувач
26	Полігон захоронення відходів
27	Насос подачі відстояної промивної води

# ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ВЕРТИКАЛЬНИМИ ВІДСТІЙНИКАМИ – ШВИДКИМИ ФІЛЬТРАМИ



Продовження додатку Б.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

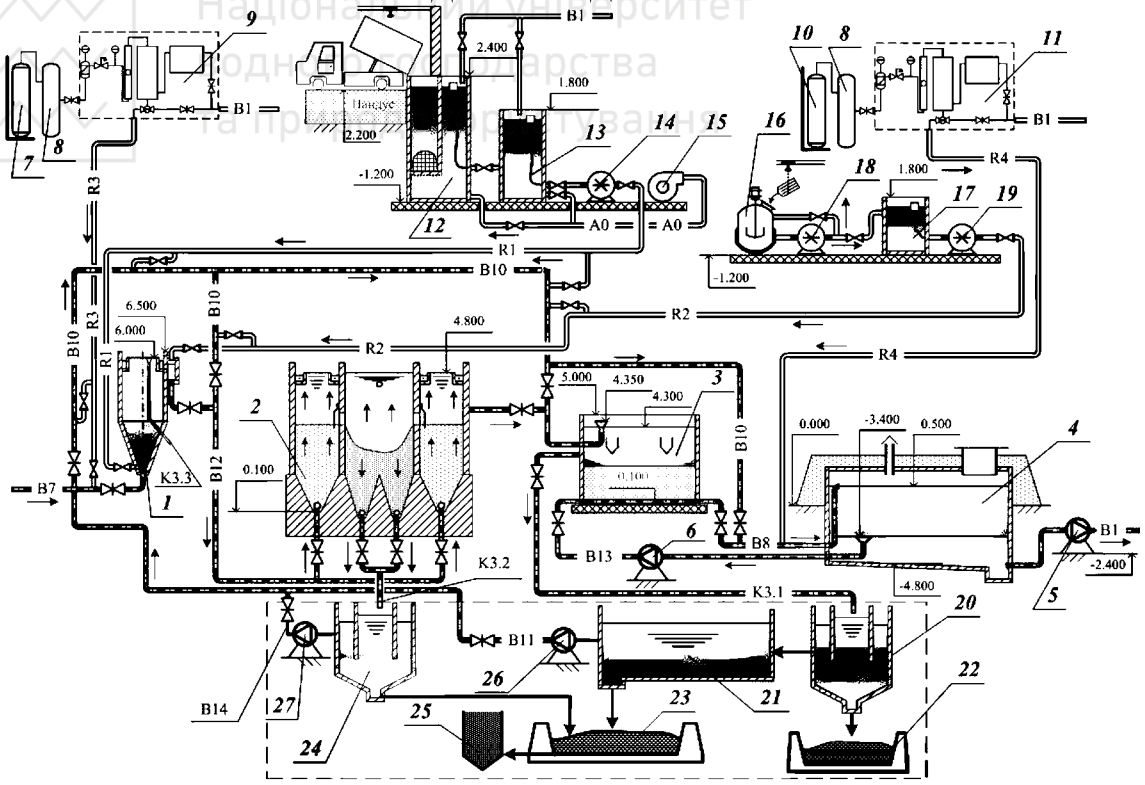
№ п/п	Позн. тр-ду	Призначення трубопроводу
1	B1	Водопровід господарсько-питного призначення
2	B7	Водопровід річкової води
3	B8	Водопровід річкової проясненої води
4	B10	Обвідний трубопровід
5	B11	Водопровід відстояної промивної води
6	B12	Водопровід скоагульованої води
7	B13	Водопровід поповнення рівня води в промивній башті
8	B14	Водопровід подачі води на промивку
9	B15	Трубопровід відстояної води з мулозгущувача
10	K3.1	Виробнича каналізація (трубопровід відведення брудної промивної води)
11	K3.2	Виробнича каналізація (трубопровід відведення осаду з відстійника)
12	K3.3	Переливний трубопровід на накопичувач
13	R1	Трубопровід подачі розчину коагулянту
14	R2	Трубопровід подачі розчину флокулянту
15	R3	Хлоропровід для первинного хлорування
16	R4	Хлоропровід для знезараження води
17	A0	Повітрепровід

## ЕКСПЛІКАЦІЯ СПОРУД І ОБЛАДНАННЯ

Позн.	Найменування
1	Вертикальний змішувач
2	Вбудована камера плаستیцеутворення
3	Вертикальний відстійник
4	Швидкий фільтр
5	РЧВ
6	Насос подачі води споживачам
7	Промивна башта
8	Витратний балон з хлором для первин. хлорування
9	Проміжний балон
10	Хлоратор для первинного хлорування
11	Витратний балон з хлором для знезараження води
12	Хлоратор для знезараження води
13	Розчинний бак розчину коагулянту
14	Витратний бак розчину коагулянту
15	Насос-дозатор розчину коагулянту
16	Компресор
17	Бак з мішалкою для готування розчину флокулянта
18	Витратний бак флокулянта
19	Циркуляційно-перекач. насос розчину флокулянта
20	Насос-дозатор розчину флокулянту
21	Насос підкачки води в промивну башту
22	Піскоуловлювач
23	Резервуар-усереднювач
24	Пісковий майданчик
25	Накопичувач
26	Мулозгущувач
27	Полігон захоронення відходів
28	Насос подачі відстояної промивної води
29	Насос подачі відстояної води з мулозгущувача

ДОДАТОК В

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ПРОЯСНЮВАЧАМИ З ЗАВИСЛИМ ШАРОМ ОСАДУ – ШВИДКИМИ ФІЛЬТРАМИ



Продовження додатку В.

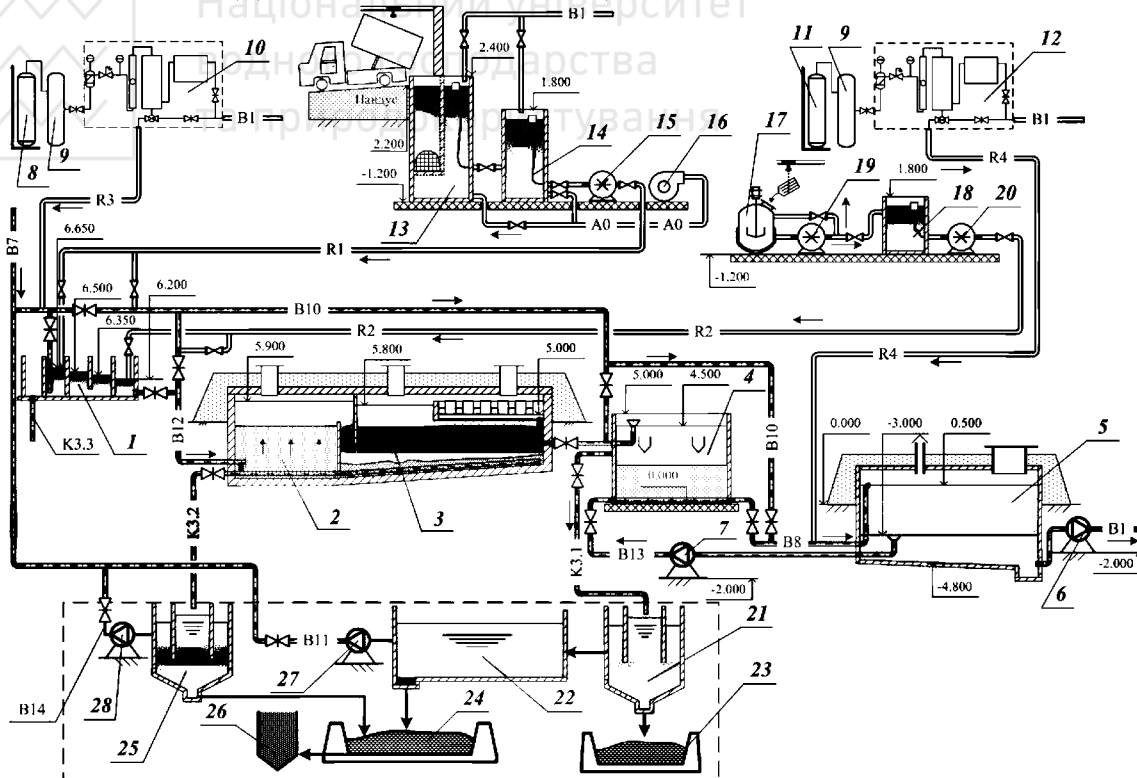
### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

№ п/п	Позн. тр-ду	Призначення трубопроводу
1	B1	Водопровід господарсько-питного призначення
2	B7	Водопровід річкової води
3	B8	Водопровід річкової проясненої води
4	B10	Обвідний трубопровід
5	B11	Водопровід відстояної промивної води
6	B12	Водопровід скоагульованої води
7	B13	Водопровід подачі води на промивку
8	B14	Трубопровід відстояної води з мулозгущувача
9	K3.1	Виробнича каналізація (трубопровід відведення брудної промивної води)
10	K3.2	Виробнича каналізація (трубопровід відведення осаду з відстійника)
11	K3.3	Переливний трубопровід на накопичувач
12	R1	Трубопровід подачі розчину коагулянту
13	R2	Трубопровід подачі розчину флокулянту
14	R3	Хлоропровід для первинного хлорування
15	R4	Хлоропровід для знезараження води
16	A0	Повітряпровід

### ЕКСПЛІКАЦІЯ СПОРУД І ОБЛАДНАННЯ

Позн.	Найменування
1	Вертикальний змішувач
2	Прояснювач із завислим шаром осаду коридорного типу
3	Швидкий фільтр
4	РЧВ
5	Насос подачі води споживачам
6	Промивний насос
7	Витратний балон з хлором для первинного хлорування
8	Проміжний балон
9	Хлоратор для первинного хлорування
10	Витратний балон з хлором для знезараження води
11	Хлоратор для знезараження води
12	Розчинний бак розчину коагулянту
13	Витратний бак розчину коагулянту
14	Насос-дозатор розчину коагулянту
15	Компресор
16	Бак з мішалкою для готування розчину флокулянта
17	Витратний бак флокулянта
18	Циркуляційно-перекач. насос розчину флокулянта
19	Насос-дозатор розчину флокулянту
20	Піскоуловлювач
21	Резервуар-усереднювач
22	Пісковий майданчик
23	Накопичувач
24	Мулозгущувач
25	Полігон захоронення відходів
26	Насос подачі відстояної промивної води
27	Насос подачі відстояної води з мулозгущувача

# ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ВІДСТІЙНИКАМИ – ШВИДКИМИ ФІЛЬТРАМИ





Продовження додатку Г.

### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

№ п/п	Позн. тр-ду	Призначення трубопроводу
1	B1	Водопровід господарсько-питного призначення
2	B7	Водопровід річкової води
3	B8	Водопровід річкової проясненої води
4	B10	Обвідний трубопровід
5	B11	Водопровід відстояної промивної води
6	B12	Водопровід скоагульованої води
7	B13	Водопровід подачі води на промивку
8	B14	Трубопровід відстояної води з мулозгущувача
9	K3.1	Виробнича каналізація (трубопровід відведення брудної промивної води)
10	K3.2	Виробнича каналізація (трубопровід відведення осаду з відстійника)
11	K3.3	Переливний трубопровід на накопичувач
12	R1	Трубопровід подачі розчину коагулянту
13	R2	Трубопровід подачі розчину флокулянту
14	R3	Хлоропровід для первинного хлорування
15	R4	Хлоропровід для знезараження води
16	A0	Повітряпровід

### ЕКСПЛІКАЦІЯ СПОРУД І ОБЛАДНАННЯ

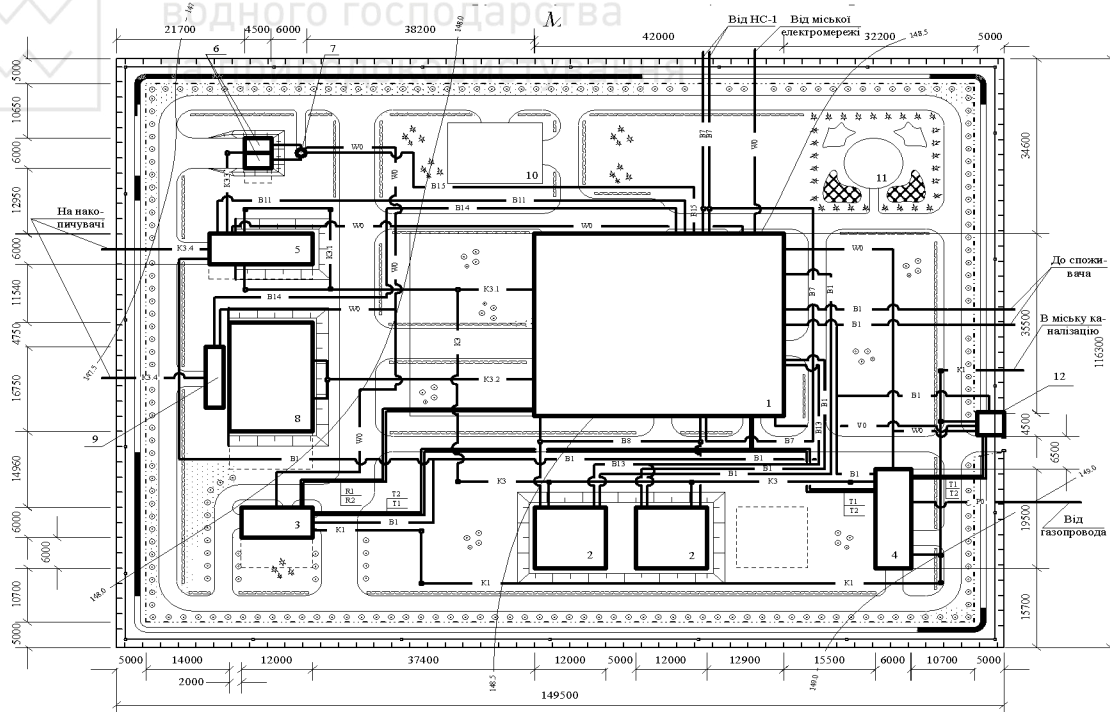
Позн.	Найменування
1	Перегородчастий змішувач
2	Вбудована камера плаستیцеутворення
3	Горизонтальний відстійник
4	Швидкий фільтр
5	РЧВ
6	Насос подачі води споживачам
7	Промивний насос
8	Витратний балон з хлором для первинного хлорування
9	Проміжний балон
10	Хлоратор для первинного хлорування
11	Витратний балон з хлором для знезараження води
12	Хлоратор для знезараження води
13	Розчинний бак розчину коагулянту
14	Витратний бак розчину коагулянту
15	Насос-дозатор розчину коагулянту
16	Компресор
17	Бак з мішалкою для готування розчину флокулянта
18	Витратний бак флокулянта
19	Циркуляційно-перекач. насос розчину флокулянта
20	Насос-дозатор розчину флокулянту
21	Піскоуловлювач
22	Резервуар-усереднювач
23	Пісковий майданчик
24	Накопичувач
25	Мулозгущувач
26	Полігон захоронення відходів
27	Насос подачі відстояної промивної води
28	Насос подачі відстояної води з мулозгущувача

ДОДАТОК Д.

ГЕНПЛАН ОЧИСНИХ СПОРУД З ВНУТРІШНЬОМАЙДАНЧИКОВИМИ МЕРЕЖАМИ З  
ПРОЯСНЮВАЧАМИ З ЗАВИСЛИМ ШАРОМ ОСАДУ ТА ШВИДКИМИ ФІЛЬТРАМИ

Національний університет  
Водного господарства

М 1 : 1000



## Продовження додатку Д.

Національний університет  
водного господарства та природокористування

### Умовні позначення трубопроводів

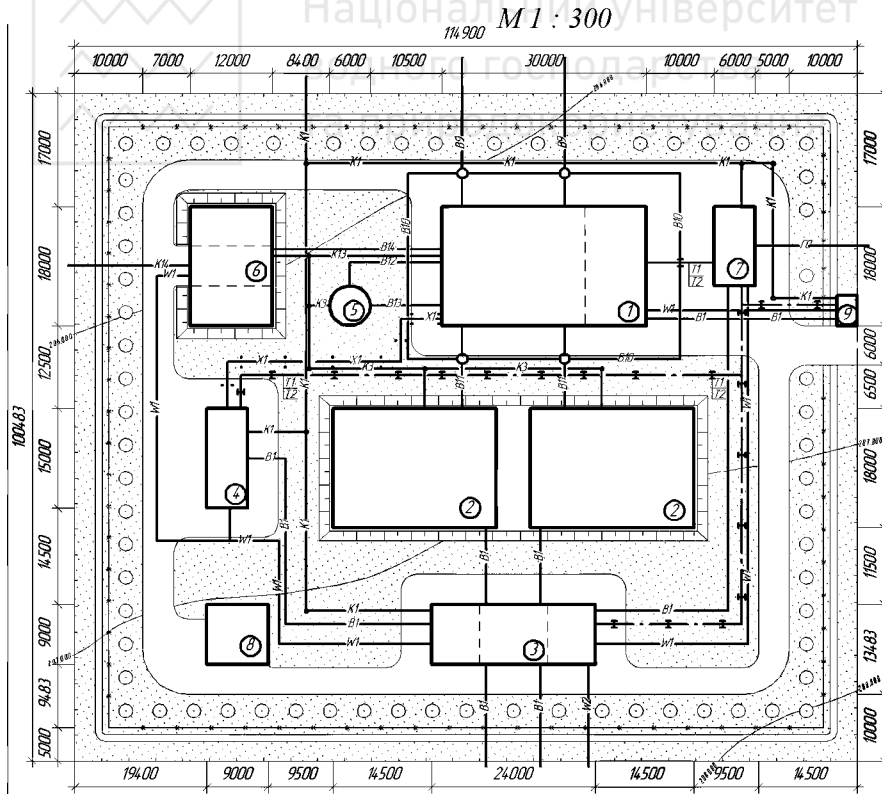
#### Експлікація будівель та споруд

№ п/п	Найменування	Номер типового проекту
1	Головний корпус	42,0 x 36,0 м
2	Резервуар чистої води W=2x1000 м <sup>3</sup>	4-18-850
3	Хлораторна на 2 кг хлору в час суміщена з витратним складом хлору	901-3-17/69
4	Котельня з трьома котлами «Універсал»	903-1-21/71
5	Пісковловлювачі з резервуарами промивних вод та НС	6,0 x 17,4 м
6	Піскові майданчики	4,5 x 6,0 м
7	Насосна станція дренажних вод	о 1,5 м
8	Згущувачі	14,0 x 21,5 м
9	НС перекачки осаду на накопичувачі та відстоюної води в голову ВОС	3,0 x 12,0 м
10	Майданчики для піску	12,0 x 16,0
11	Майданчик для навчання обслуговуючого персоналу	о 10,0 м
12	Прохідна	4,5 x 4,5 м

Позначення	Найменування	Примітка
B1	Господарсько-питний водопровід	
B7	Водопровід річкової води	
B8	Водопровід проясненої та знебарвленої води	
B11	Водопровід подачі промивної води з резервуарів-усереднювачів в голову ВОС	
B13	Всмоктувальний водопровід промивних насосів	
B14	Водопровід подачі відстоюної води зі згущувачів в голову ВОС	
B15	Водопровід подачі дренажної води з піскових майданчиків в голову ВОС	
K1	Побутова каналізація	
K3	Виробнича каналізація	
K3.1	Трубопровід брудної промивної води	
K3.2	Трубопровід відведення осаду з ПЗШО	
K3.3	Трубопровід подачі піскової води	
K3.4	Трубопровід подачі осаду на накопичувачі	
P0	Газопровід	
T1	Подаючий трубопровід для опалення, гарячого водопостачання	
T2	Зворотній трубопровід для опалення, гарячого водопостачання	
V0	Мережі зв'язку систем управління, інформації	
W0	Електропостачання	
R1	Хлоропровід первинного хлорування	
R2	Хлоропровід вторинного хлорування	

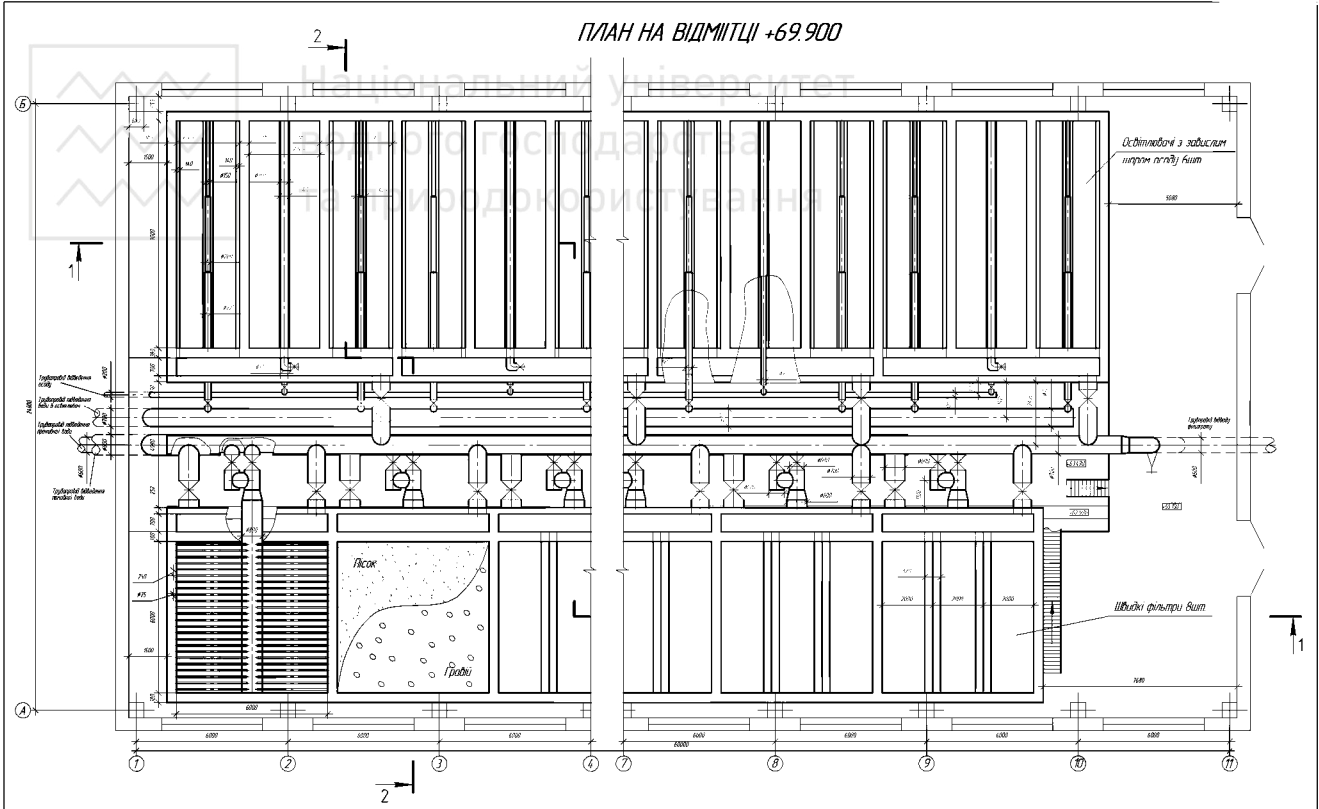
## ДОДАТОК Е

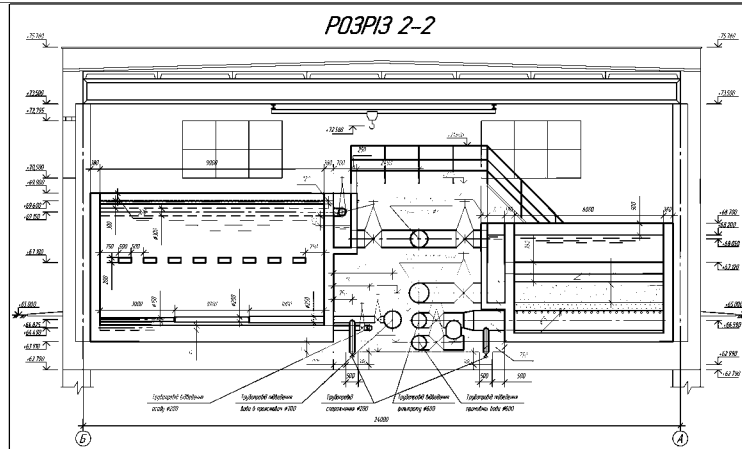
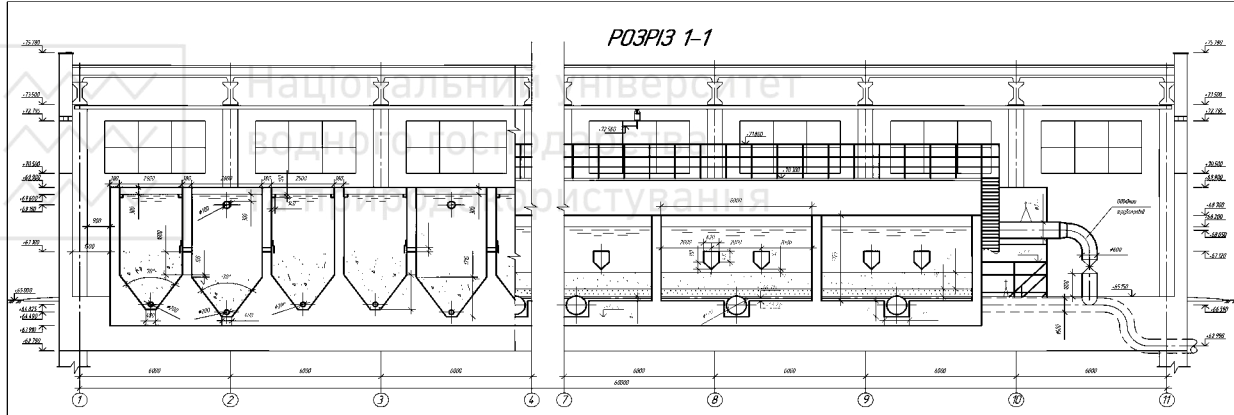
### ГЕНПЛАН ОЧИСНИХ СПОРУД З ВНУТРІШНЬОМАЙДАНЧИКОВИМИ МЕРЕЖАМИ З КОНТАКТНИМИ ПРОЯСНЮВАЧАМИ



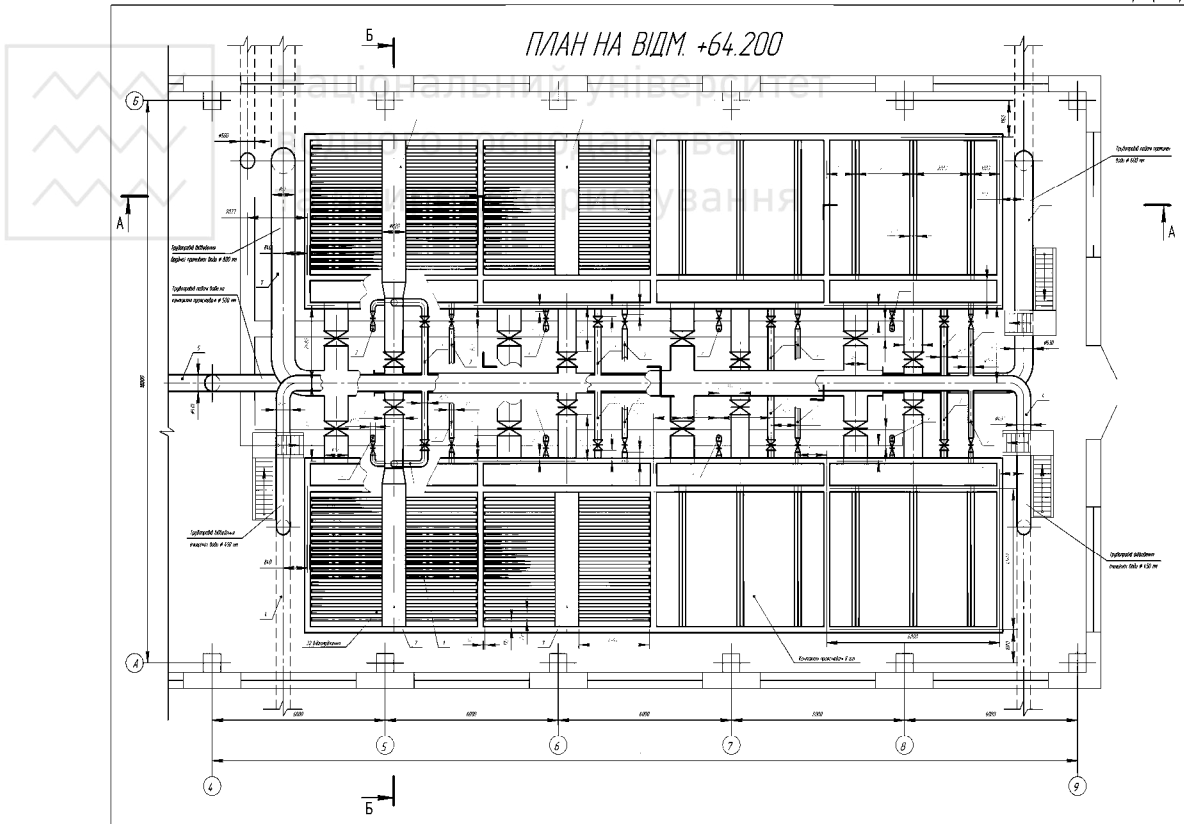
1 – основна споруда (зал контактних прояснювачів, допоміжні приміщення); 2 – РЧВ; 3 – НС-П (машинний зал, трансформаторна підстанція, щитова); 4 – хлораторна суміщена з витратним складом хлору; 5 – промивна башта; 6 – споруди повторного використання промивної води (відстійники промивних вод, насосні станції відстояної води та осаду); 7 – котельня; 8 – майданчик для зберігання піску; 9 – прохідна.

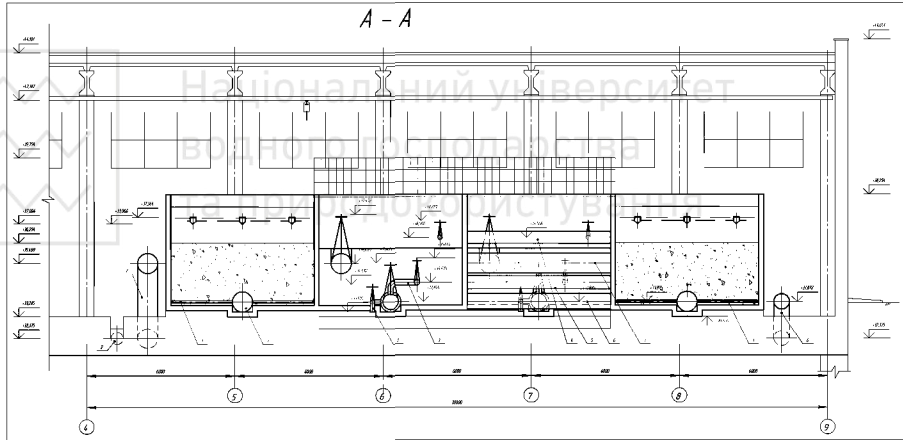
ПЛАН НА ВІДМІТЦІ +69.900



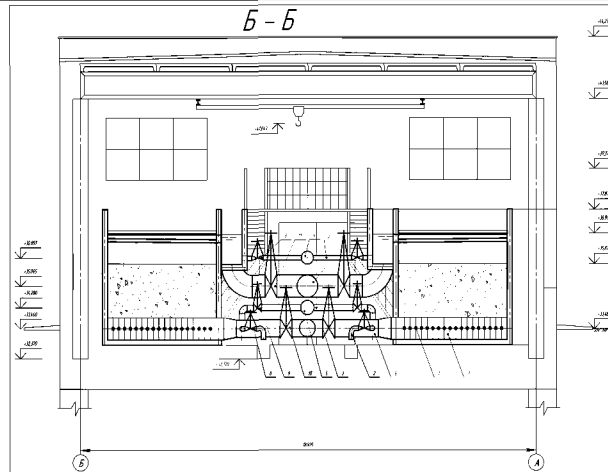


ПЛАН НА ВІДМ. +64.200





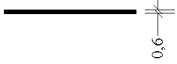
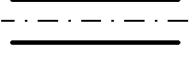
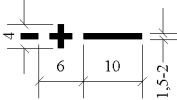

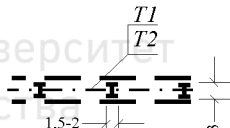
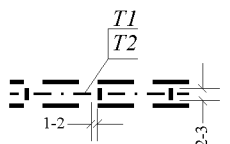
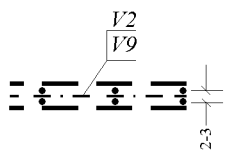
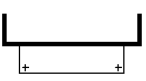
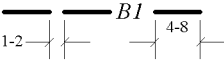
Продовження додатку Л.







**УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ І ЗОБРАЖЕННЯ  
ЕЛЕМЕНТІВ ГЕНЕРАЛЬНИХ ПЛАНІВ  
(ДСТУ Б А.2.4-2-95)**

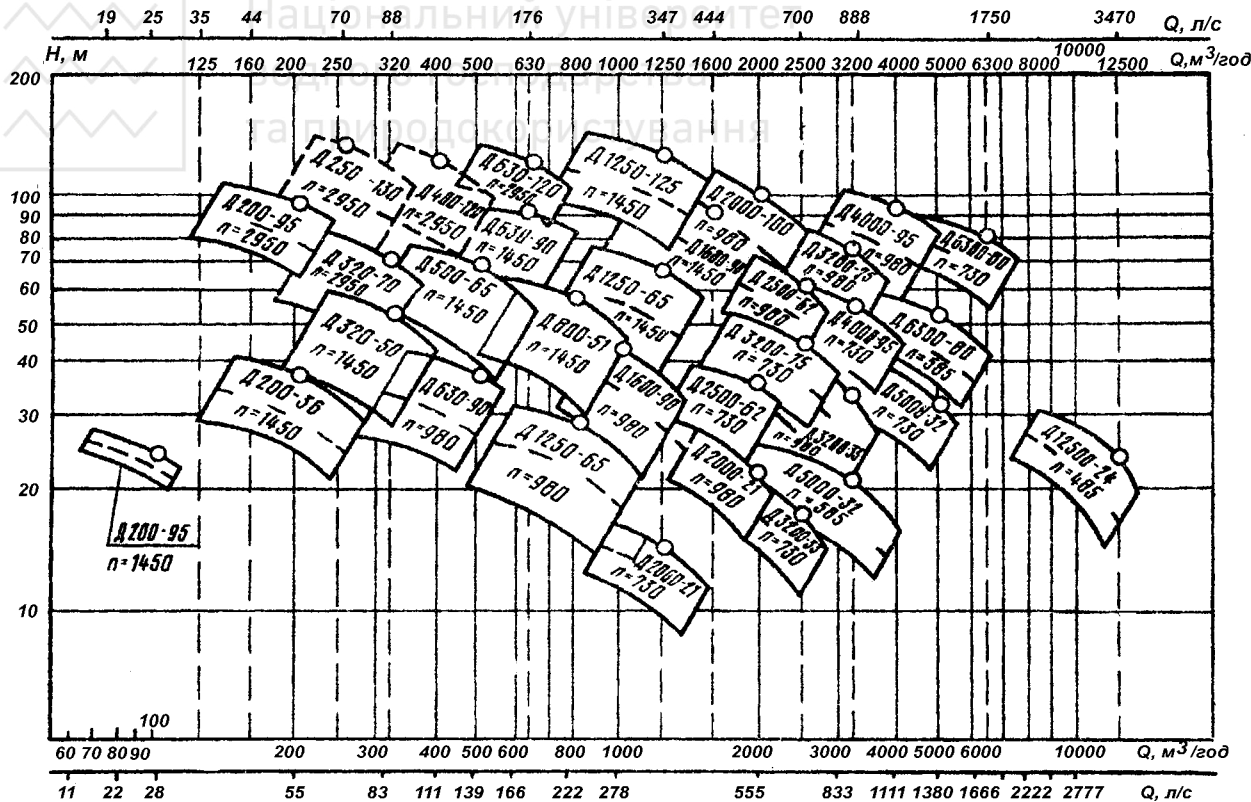
№ п/п	Найменування	Умовне позначення з розмірами, мм	№ п/п	Найменування	Умовне позначення з розмірами, мм
1	2	3	4	5	6
1	«Червона лінія»		8	Автомобільна дорога	
2	Межі зони санітарної охорони		9	Інженерні мережі, які прокладаються в	
3	Будинок (споруда) а) наземний			а) тунелі, прохідному каналі	
				б) непрохідному каналі	
				в) в кабельному каналі	
	в) нависла частина будинку		10	Інженерні мережі, які прокладаються в траншеї	



1	2	3	4	5	6
4	Стіна під- пірна		11	Інженерні мережі надземні на висо- ких опо- рах	
5	Укіс		12	Лоток ук- ріплений	
	а) насип		13	Дюкер	
	б) виїмка		14	Дерево	
Примітки: 1. Штриховку укосу при значній довжині показують ділянками. 2. Замість крапок проставляють матеріал укріплення і крутість укосу.			15	Чагарник а) звичай- ний	
6	Огорожа території з воротами				
7	Майдан- чик, стеж- ка, троту- ар			б) живо- пліт (стри- жений)	
	а) без пок- риття		16	Квітник	
	б) з плит- ковим покриттям		17	Газон	

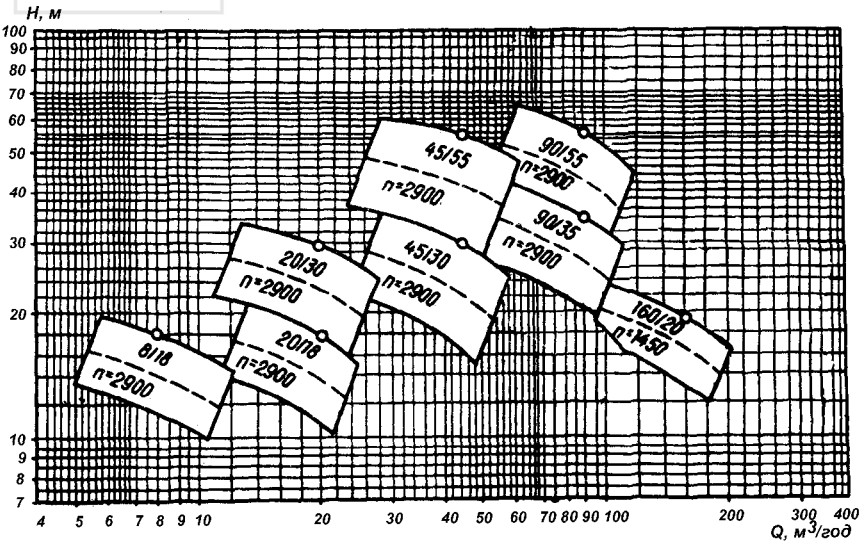
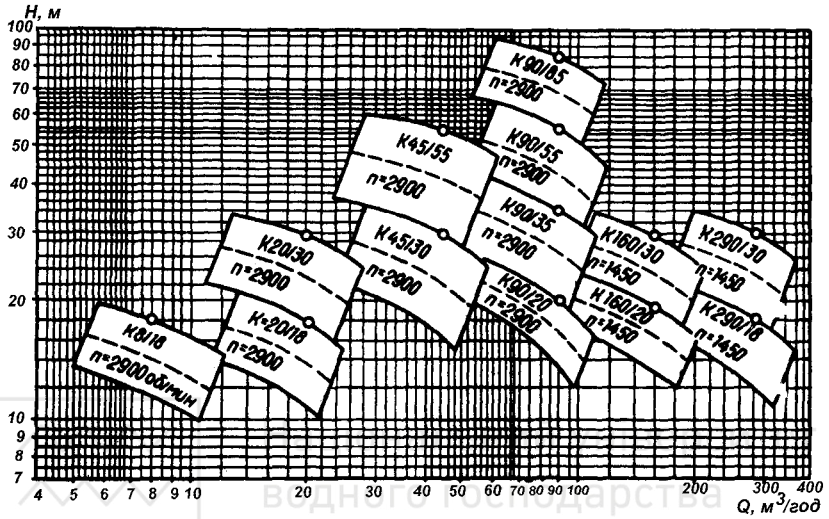
# ЗВЕДЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА Q-N насосів типу Д

# ДОДАТОК Н.





ЗВЕДЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА Q-H насосів типу К та КМ





**Розміри і маса ЧАВУННИХ ЗАСУВОК 30ч66р  
паралельних з висувним шпинделем з тиском до 1МПа**

Діаметр, мм	Будівельна довжина , мм	Висота від осі до верха шпинделя, мм	Маса, кг
50	180	350	18.4
80	210	440	29.0
100	230	525	39.5
125	255	635	58.5
150	280	720	77.0
200	330	900	129.0
250	450	1090	179.0
300	500	1265	253.0
350	550	1490	444
400	600	1660	360

**Розміри і маса СТАЛЕВИХ ЗАСУВОК клинових фланцевих та  
під приварку з висувним шпинделем з тиском до 1,6 МПа**

Діаметр, мм	Розміри засувок, мм		Розміри під'дну- вальних фланців, мм		Маса, кг
	Довжина, L	Висота, H	D	D <sub>1</sub>	
50	180(250)	480	160	126	25
80	210(280)	600	195	160	38
100	230(300)	680	215	180	55(52)
150	280(350)	920	280	240	100(137)
200	330(400)	1220	335	295	145(137)
250	450	1400	405	355	290(270)
300	500	1500	460	310	420(400)
350	550	1580	520	470	495(460)
400	600	1580	580	525	520(460)
500	700	2480	710	650	1260(1156)
600	800	2950	840	770	1775(1620)

*Примітка. В дужках наведено дані для засувок під приварку*



**ДОДАТОК Р.**

**ПИТОМІ ОПОРИ  $S_0$  ВОДОПРОВІДНИХ ТРУБ при  $q$ , м<sup>3</sup>/с**

Діаметр умовного проходу, мм	Сталеві труби		Чавунні труби		Пластма сові труби
	нові	не нові	нові	не нові	
100	119,8	172,9	276,1	311,7	323,9
125	53,88	76,39	83,61	96,72	92,47
150	22,04	30,65	34,09	37,11	45,91
200	5,149	6,959	7,399	8,092	5,069
250	1,653	2,187	2,299	2,528	1,308
300	0,6619	0,8466	0,8336	0,9485	0,7082
400	0,1483	0,1859	0,2085	0,2189	---
500	0,04692	0,05784	0,06479	0,06778	---
600	0,01859	0,02262	0,02493	0,02596	---
700	0,009119	0,01098	0,01111	0,01154	---
800	0,004622	0,005514	0,005452	0,005669	---
900	0,002504	0,002962	0,002937	0,003047	---
1000	0,001447	0,001699	0,001699	0,00175	---

## Рекомендації щодо вибору способів знезаражування води

Переваги	Недоліки
<b>Хлор</b> (завозиться в бочках або балонах в газоподібному стані)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ефективний окислювач, особливо для заліза та магнію, та знезаражуючий реагент;</li> <li>• має післядію;</li> <li>• може видаляти деякі запахи та присмаки, руйнувати органічні з'єднання (феноли);</li> <li>• руйнує сульфід водню, ціаніди, аміак та інші з'єднання азоту;</li> <li>• використовується для боротьби з біобурстанням та зростанням водоростей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• особливі вимоги до перевезення, експлуатації обладнання та зберігання;</li> <li>• при високих дозах можливе утворення тригалометанів, броматів та броморганічних продуктів при наявності у воді бромідів;</li> <li>• при вищих дозах хлор - газу з'являється небезпека навколишньому середовищу і людині</li> </ul>
<b>Гіпохлорит натрію</b> (завозиться в рідкому стані з концентрацією 10...12% в бочках або готується на місці з розчину солі електролізом)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ефективний при боротьбі з більшістю хвороботворних мікроорганізмів;</li> <li>• відносно небезпечний при використанні та зберіганні; для отримання на місці використовує небезпечні матеріали.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• зменшує активність та виділення газоподібного хлору при довгому зберіганні;</li> <li>• при зберіганні розчинів з концентрацією активного хлору більше 450мг/л та рН більше 9 накопичуються хлорати;</li> <li>• малоефективний проти цист (<i>Giardia</i>, <i>Cryptosporidium</i>);</li> <li>• також, як і хлор, утворює тригалометани, в том числі бромформ и бромати при наявності бромідів;</li> <li>• при отриманні на місці витрачає електроенергію та</li> </ul>

	вимагає негайного застосування через негативний вплив іонів солей важких металів у солі та воді.
<b>Діоксид хлору</b> (найбільш ефективний з хлорвміщуючих реагентів для вод з підвищеним значенням рН)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ефективний окислювач, особливо для заліза та магнію, та незаражуючий реагент проти всіх мікроорганізмів, вірусів, цист (<i>Giardia</i>, <i>Cryptosporidium</i>);</li> <li>• потрібні менші дози, не утворюються хлораміни;</li> <li>• не сприяє утворенню тригалометанів, броматів и бромомганічних в присутності бромідів;</li> <li>• руйнує феноли, які надають неприємні присмаки та запахи.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обов'язкове отримання з хлору, хлориту натрію, соляної кислоти на місці використання;</li> <li>• вимагає особливих умов безпеки через високу агресивність вихідних матеріалів;</li> <li>• легко вибухає від електричної іскри, прямого сонячного світла, нагріву вище 60°C</li> <li>• утворює хлорати и хлорити;</li> <li>• при взаємодії з деякими матеріалами та речовинами утворюються специфічні запахи та присмаки.</li> </ul>
<b>Озон</b> (отримується на місці в результаті сильного електричного розряду)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• сильний окислювач та незаражуючий реагент;</li> <li>• не утворює тригалометанів;</li> <li>• дуже ефективний проти вірусів; цист (<i>Giardia</i>, <i>Cryptosporidium</i>), патогенної мікрофлори;</li> <li>• надає воді приємний голубий колір та приємний запах, знімає сторонні запахи та присмаки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• утворює побічні продукти, що вміщують альдегіди, кетони, органічні кислоти, бромвміщуючі тригалометани (бромформ), бромати (в присутності бромідів), пероксид, бромуксусну кислоту;</li> <li>• потреба в біологічно активних фільтрах для видалення утворених побічних продуктів;</li> <li>• реагує зі складними з'єднаннями, розщеплює їх на фрагменти, які є живильним середовищем для мікроорганізмів в мережі</li> <li>• не має післядії ;</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• вимагає високих капітальних затрат, складного обладнання, великих витрат електроенергії, кваліфікованих операторів</li> </ul>
<b>Ультрафіолетове опромінення</b> (отримується на місці з використанням електроенергії)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• не потребує хімікатів;</li> <li>• не утворює побічних продуктів;</li> <li>• ефективний проти цист (<i>Giardia</i>, <i>Cryptosporidium</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• не має післядії ;</li> <li>• не має можливості проводити оперативний контроль;</li> <li>• потребує певну кількість електроенергії і обладнання для утворення опромінення;</li> <li>• знезаражуючий ефект залежить від каламутності, кількості заліза, жорсткості, органічних домішок, які відкладаються на поверхні ламп;</li> <li>• знезаражуючий ефект залежить від коливань напруги в електричній мережі, що впливає на довжину хвилі.</li> </ul>
<b>Срібло</b> (просте розчинення або іонізаторами електричного струму)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• достатньо простий спосіб, особливо при простому розчиненні;</li> <li>• вода може довго зберігатись без погіршення якісних показників в темному місці;</li> <li>• не відноситься до життєво важливих хімічних елементів, не достатньо вивчена його роль в житті людини;</li> <li>• при введенні іонізаторами разом з хлоруванням знижує витрати хлору до 80%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• так, як і свинець відноситься до важких металів та може викликати аргіроз (хвороба безпосередньої загрози життю не надає;</li> <li>• знезаражуючий ефект є при концентрації іонів більше 100...150мкг/л;</li> <li>• не знищує споротвірні бактерії, наприклад, збудник сибірської виразки;</li> <li>• використання срібла разом з фільтрами з активованим вугіллям, в яких може зростати кількість бактерій, селективно впливає на зростання стійких до нього бактерій ;</li> <li>• може використовуватись при невеликій кількості бактерій, наприклад, для доочистки питної води;</li> <li>• застосовується при обробці невеликої кількості води.</li> </ul>



### Характеристики коагулянтів

#### Сульфат алюмінію технічний (очищений) ГОСТ 12966-85

Сульфат алюмінію являє собою пластинки, брикети, куски невизначеної форми та різного розміру масою не більше 10 кг білого кольору.

#### Характеристика сульфату алюмінію технічного

Назва	Норма
Масова доля оксиду алюмінію, %, не менше	15
Масова доля нерозчиненого у воді залишку, %, не більше	0,7
Масова доля заліза в перерахунку на оксид заліза (III), % не більше	0,3
Масова доля вільної сірчаної кислоти, (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), % не більше	0,1
Масова доля миш'яку в перерахунку на оксид миш'яку (III), % не більше	0,003

Сульфат алюмінію транспортують навалом або в м'яких спеціалізованих контейнерах (300-400 кг) критими автомобілями чи залізницею.

При розрахунку доз коагулянту приймається молекулярна маса сірчанокислого алюмінію 342,12, оксиду алюмінію – 101,94.

Коагулянт „ПОЛВАК” (ТУ У 19155069.001-1999) випускають НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "ПОЛПРОМ" Україна, 49000, м. Дніпропетровськ, вул. Комсомольська, 5; ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ПОЛОГОВСЬКИЙ ХІМЗАВОД "КОАГУЛЯНТ" Україна, 70605, р. Запони Запорізької обл., вул. Крупської, 225. Підприємство «Коагулянт» випускає коагулянт «Полвак» 3 модифікацій – «Полвак-40», «Полвак-68», «Полвак-80».

ПОЛВАК™-40 (68, 80) є водним розчином гідроксихлориду алюмінію і описується формулою: Al<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>. ПОЛВАК™-40 (68,80) використовується у вигляді робочого розчину. В деяких випадках (наприклад, кондиціонування осадів стічних вод або концентрованих промислових стоків) ПОЛВАК™-40 (68,80) може застосовуватися у вигляді товарного продукту без розведення.

Щільність коагулянту при 20°C складає 1,23 – 1,33 г/см<sup>3</sup>; вміст домішок Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, As, Mo, Se, Sr, Hg, Cd, Ni, Cr, Sn у воді при використанні коагулянту відповідає вимогам ГОСТ 2874 – 82.

Коагулянт поступає до споживача залізничним або автомобільним транспортом в цистернах (гумованих або з неіржавіючої сталі); за специфічних умов використання вид тари може бути визначений додатково.



### Характеристика «Полвак-40»

Найменування показника	Норма
1. Зовнішній вигляд	Переважно зеленувато-жовта рідина, може бути інших відтінків
2. Масова частка основної речовини в перерахунку на $Al_2O_3$ , %, не менше	15
3. Відносна основність %	35 - 45
4. Щільність при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1.23 - 1.40
5. Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не більше	0.3
6. Масова частка хлоридів %	5 - 20

### Характеристики «Полвак-68»

Найменування показника	Норма
1. Зовнішній вигляд	Переважно зеленувато-жовта рідина, може бути інших відтінків
2. Масова частка основної речовини в перерахунку на $Al_2O_3$ , %, не менше	10
3. Відносна основність %	65 - 72
4. Щільність при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1.23 - 1.40
5. Масова частка нерозчинного у воді залишку %, не більше	0.3
6. Масова частка хлоридів %	5 - 20

### Характеристика «Полвак-80»

Найменування показника	Норма
1. Зовнішній вигляд	Переважно зеленувато-жовта рідина, може бути інших відтінків
2. Масова частка основної речовини в перерахунку на $Al_2O_3$ , %, не менше	10
3. Відносна основність %	74 - 80
4. Щільність при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1.23 - 1.40
5. Масова частка нерозчинного у воді залишку %, не більше	0.3
6. Масова частка хлоридів %	5 - 20

Коагулянт повинен зберігатися в місткостях з корозійностійких матеріалів при температурі від - 18°C до + 40°C. Гарантійний термін зберігання – 6 місяців. Коагулянт змішується з водою в різних пропорціях. При цьому температура води для приготування робочих

розчинів коагулянту практичного значення не має.

Розчин коагулянту готують у витратних баках, розрахунок яких здійснюється відповідно до СНіП 2.04.02–84. Для перемішування розчину використовується стисле повітря інтенсивністю (3–5) л/см<sup>2</sup>.

Концентрація робочого розчину коагулянту при очищенні поверхневих вод складає 2–10% по товарному продукту.

Для транспортування і дозування робочого розчину коагулянту слід використовувати кислотостійкі матеріали і згідно СНіП 2.04.02-84 або аналогічне, відповідне приведеним умовам.

Дози коагулянту в різних випадках його використання змінюються в широких межах: від (1–10) мг/л товарного продукту для очищення поверхневих вод невисокої кольоровості і середньої каламутності до (100–300) мг/л. Оптимальним для використання коагулянту ПОЛВАК є діапазон рН в межах 5–8.

Коагулянт ПОЛВАК може використовуватися для очищення води з низьким рівнем лужності, що вигідно відрізняє його від сульфату алюмінію. Ефективність дії коагулянту ПОЛВАК залишається високою в холодну пору року. При використанні коагулянту ПОЛВАК для підготовки води питного призначення важливим є низький вміст залишкового алюмінію в проясненій воді, яке істотно не збільшується навіть при передозуванні реагенту.

#### Гідроксохлорид алюмінію марки Б, сульфат алюмінію

Сульфат алюмінію виготовляють у вигляді пластинок, що незлежуються, брикетів, шматків невизначеної форми і різного розміру, масою не більше 10кг, білого кольору.

#### Характеристика гідроксохлорид алюмінію марки Б

Показники	Норма	
	1 сорт	2 сорт
Масова частка оксиду алюмінію %, не менше	16,0	15,0
Масова частка нерозчинного у воді залишку %, не більше	0,3	0,7
Масова частка заліза в перерахунку на оксид заліза (III) %, не більше	0,02	0,3
Масова частка вільною сірчаною кислотою (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) %, не більше		0,1
Масова частка миш'яку в перерахунку на оксид миш'яку (III) %, не більше	0,001	0,003

Переваги порівняно з іншими реагентами: традиційність використання, відносно нескладні способи транспортування, прості методи складування, тривалі терміни зберігання, відносно невисока

При перевезенні упаковується в м'які контейнери типу <біг-бег> з поліетиленовими вкладишами або навалом.

### Сульфат алюмінію технічний очищений (водний розчин)

Очищений технічний сульфат алюмінію (водний розчин) одержують взаємодією гідроксиду алюмінію з сірчаною кислотою.

Переваги порівняно з іншими реагентами: традиційність використання, відносно нескладні способи транспортування, відносно невисока вартість

### Характеристика сульфат алюмінію технічного очищеного

Показники	Норма	
	Марка А	Марка Б
Зовнішній вигляд	Прозорий розчин з сірим відтінком	
Масова частка оксиду алюмінію %	7,5±0,5	7,0±0,5
Масова частка нерозчинного у воді залишку %, не більше	1,0	1,0
Водневий показник (рН) водного розчину з масовою часткою основної речовини 0,5% в перерахунку на оксид алюмінію	3,2±0,2	2,5±0,2

Масова частка миш'яку в перерахунку на оксид миш'яку (III) не більше 0,0015%. Масова частка заліза в перерахунку на оксид заліза (III) не більше 0,15% .

Упаковка: поліетиленові каністри, залізничні або автомобільні цистерни. Транспортування - у будь-якій хімічно-стійкій тарі: каністрах; бочках; цистернах.

### Гідроксохлоросульфат алюмінію (коагулянт змішаного типу)

Алюмінію гідроксохлоросульфат є пластинки, брикети, шматки невизначеної форми і різного розміру масою не більше 10 кг білого або злегка жовтуватого кольору.

### Характеристика гідроксохлоросульфат алюмінію

Показники	Норма
Масова частка оксиду алюмінію %, не менше	15
Масова частка хлоридів в перерахунку на хлор., %, не більше	6
Масова частка нерозчинного в воді залишку %, не більше	1,0
Масова частка заліза в перерахунку на оксид заліза (III) %, не більше	0,3
Масова частка миш'яку в перерахунку на оксид миш'яку (III) %, не більше	0,003
Водневий показник (рН) водного розчину з масовою часткою основної речовини 0,5% в перерахунку на оксид алюмінію	3,0±0,5



Основні переваги: є відмінним реагентом при очищенні високо-каламутних вод при температурі нижче 10 °З, особливо в паводковий період, Залишковий вміст алюмінію в очищеній воді не перевищує вимог ДержСанПіН, Сумісний зміст іонів сульфату і хлору зберігає коагулюючу здатність реагенту однакової в літній і зимовий періоди.

Упаковка і транспортування: м'які контейнери типу «біг-бег» з поліетиленовими вкладишами. Транспортування - будь-який вид транспорту

### Гідроксохлорид алюмінію Б

Гідроксохлорид алюмінію марка Б випускають у вигляді твердого продукту. Зовнішній вигляд твердого продукту - пластинки і гранули невизначеної форми різного розміру білого або жовтого кольору; термін зберігання 3 роки.

Застосування гідроксохлориду алюмінію дозволяє інтенсифікувати процес водопідготовки і поліпшити якість води. Дуже ефективний при обробці води з температурою 0-9°C.

Переваги порівняно з традиційним реагентом (сульфатом алюмінію): зниження витрати товарного реагенту в 8-10 разів; зменшення часу коагуляції в 1,5-3,0 разу; можливість ефективно очищати воду в широкому діапазоні температур, включаючи діапазон 0,5-9 градусів Цельсія; значне зменшення або повна відсутність залишкового алюмінію в очищеній воді; виключення або різке зниження гіпсових відкладень, що утворюються, в технологічному устаткуванні і трубопроводах; дозволяє відмовитися від застосування флокулянтів.

ГХА (Б) упаковується в паперові або поліетиленові мішки вагою не більше 30 кг і відвантажується залізничним транспортом (контейнерами і вагонами). Можливе відвантаження автомобільним транспортом.

### Характеристика гідроксохлорид алюмінію Б

Показники	Норма
Масова частка основної речовини в перерахунку на $Al_2O_3$ ,%, не менше	45
Масова частка основної речовини в перерахунку на Cl,%, не менше	25
Атомне відношення хлору до алюмінію, (Cl / Al), (хлорне число), не більше	0,7
Масова частка заліза %, не більше	0,40
Водневий показник (рН) водного розчину з масовою часткою основної речовини 3%	4,0

**Алюмосалізний коагулянт (коагулянт змішаного типу)**

Алюмосалізний коагулянт відноситься до категорії змішаних коагулянтів на основі сульфату алюмінію, одержуваний частковою заміною алюмінію на з'єднання заліза.

**Характеристика алюмосалізного коагулянту**

Показники	Норма
Зовнішній вигляд	Пластини, що не злежуються, шматки невизначеної форми і різного розміру масою не більше 10 кг жовтого або коричневатого-жовтого кольору
Масова частка нерозчинних у воді речовин %, не більше	2,0
Масова частка з'єднань алюмінію в перерахунку на оксид алюмінію %, не менше	12,0
Масова частка з'єднань заліза в перерахунку на оксид заліза (III) %, не менше	2,5
Молярне відношення заліза до алюмінію	0,13—0,15
Водневий показник (рН) розчину з масовою часткою основної речовини 0,5% в перерахунку на суму оксидів $Al_2O_3$ і $Fe_2O_3$	$2,5 \pm 0,3$

Основні переваги: зниження дози коагулянту, в перерахунку на оксид алюмінію на 20—25%, не погіршує якість очищеної води; за умови правильного підбору режиму очищення вміст залишкового алюмінію і заліза в очищеній воді не перевищує вимог ДержСанПіН України; незалежність коагуляційної здатності від температури води, що очищається; підвищує ступінь очищення вод від органічних забруднень, визначуваних показником перманганатної окислюваності на 30—50% в порівнянні з сульфатом алюмінію; рекомендується використовувати при підготовці води господарсько-питного призначення замість сульфату алюмінію в холодну пору року при температурі води нижче 10 °С.

Упаковуються в м'які контейнери типу «біг-бен» з поліетиленовими вкладишами або навалом.

Змішаний коагулянт має всі позитивні властивості залізних коагулянтів. В той же час застосування змішаного коагулянта забезпечує в порівнянні з використанням одного хлориду заліза більш рівномірне осадження пластівців, повніше освітлення води у відстійниках, менше навантаження на фільтри, збільшення тривалості міжпромивного періоду.



<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ</b> .....	5
1.1. Загальні відомості.....	5
1.2. Вимоги до оформлення курсового проекту.....	8
<b>2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ</b> .....	12
2.1. Визначення розрахункової продуктивності водоочисної станції.....	12
2.2. Основні фізико-хімічні показники води поверхневих джерел.....	15
2.3. Вимоги до якості питної води.....	21
2.4. Вибір складу споруд та місця розташування майданчика водоочисної станції.....	23
2.5. Складання попередньої висотної схеми водоочисної станції.....	25
<b>3. РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО</b> .....	37
3.1. Визначення розрахункових доз реагентів.....	37
3.2. Вибір схеми господарства для приготування коагулянту.....	40
3.3. Розрахунок розчинних і витратних баків сухого способу зберігання.....	42
3.4. Мокрий спосіб зберігання коагулянту в розчинних баках (мокро-сухий спосіб).....	57
3.5. Мокрий спосіб зберігання коагулянту в баках-сховищах.....	61
3.6. Розрахунок споруд для дозування флокулянту.....	63
3.7. Споруди для приготування вапняного молока.....	65
<b>4. ЗМІШУВАЧІ</b> .....	68
4.1. Загальні положення.....	68
4.2. Вихрові змішувачі.....	70
4.3. Перегородчасті змішувачі.....	74
<b>5. ВІДСТІЙНИКИ ТА ПРОЯСНЮВАЧІ З ЗАВИСЛИМ ШАРОМ ОСАДУ</b> .....	79
5.1. Вертикальні відстійники.....	79
5.2. Прояснювачі з завислим шаром осаду коридорного типу.....	89
5.3. Горизонтальні відстійники.....	106
<b>6 ФІЛЬТРИ</b> .....	125
6.1 Повільні фільтри.....	125
6.2 Швидкі фільтри з важкою засипкою.....	128





6.3	Контактні прояснювачі.....	154
6.4	Пінополістирольні фільтри.....	162
6.5.	Контактні префільтри.....	168
<b>7</b>	<b>ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ТА ДЕЗОДОРАЦІЯ ВОДИ.....</b>	<b>169</b>
7.1	Загальні поняття.....	169
7.2	Знезаражування хлором.....	169
7.3	Знезаражування гіпохлоритом натрію.....	175
7.4	Знезаражування ультрафіолетовим випромінюванням.....	178
7.5	Деодорація води.....	182
<b>8</b>	<b>СПОРУДИ ОБРОБКИ ПРОМИВНИХ ВОД І ОСАДУ.....</b>	<b>186</b>
8.1	Загальні положення.....	186
8.2	Піскоуловлювачі.....	187
8.3	Відстійники промивних вод.....	188
8.4	Резервуари промивних вод.....	193
8.5	Згушувачі.....	194
8.6	Накопичувачі.....	195
8.7	Майданчики заморожування або підсушування осаду.....	197
<b>9</b>	<b>ЗАГАЛЬНА КОМПОНОВКА СПОРУД ВОДООЧИСНОЇ СТАНЦІЇ.....</b>	<b>206</b>
9.1	Проектування станції водопідготовки.....	206
9.2	Допоміжні приміщення.....	207
9.3	Компонування майданчика водоочисної станції.....	209
	<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>218</b>
	<b>Додатки.....</b>	<b>220</b>



**Орлов Валерій Олегович**, завідувач кафедри водопостачання та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування, доктор технічних наук, професор



**Мартинов Сергій Юрійович**, доцент кафедри водопостачання та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування, кандидат технічних наук



**Зошук Алла Миколаївна**, доцент кафедри водопостачання та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування, кандидат технічних наук, доцент



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Навчальне видання

*Валерій Олегович Орлов  
Сергій Юрійович Мартинов  
Алла Миколаївна Зошук*

## **ПРОЕКТУВАННЯ СТАНЦІЙ ПРОЯСНЕННЯ ТА ЗНЕБАРВЛЕННЯ ВОДИ**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

*Друкується в авторській редакції*

*Редакційно-видавничий центр  
Національного університету водного  
господарства та природокористування  
33028, Рівне, вул. Соборна, 11*