



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний університет водного господарства та
природокористування

В. О. Орлов, В. О. Шадюра, С. М. Назаров



**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ
СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Навчальний посібник

Рівне – 2013



Національний університет

УДК 628.1.004.68 (075.8)

ББК 38.761.1 я7

О-66

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.
(Протокол №10 від 26 жовтня 2012 р.)*

Рецензенти:

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

Ковальчук В.А., доктор технічних наук, професор Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Орлов В.О., Шадур В.О., Назаров С.М.

О-66 Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 265 с.

Розглянуто основні способи і методи реконструкції та інтенсифікації роботи водозабірних споруд із поверхневих та підземних джерел, систем подачі і розподілу води, водоочисних споруд прояснення, знебарвлення, знезаражування, дезодорації та знезалізнення води.

Навчальний посібник призначено для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю “Водопостачання та водовідведення”.

УДК 628.1.004.68 (075.8)
ББК 38.761.1 я7

© Орлов В.О., Шадур В.О.,
Назаров С.М., 2013

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2013



Вступ

Проблема водозабезпечення населення та всіх галузей економіки постає як одна з найважливіших сучасних проблем. Для стабільного забезпечення споживачів високоякісною питною водою та зменшення її собівартості необхідно проводити реконструкцію та інтенсифікацію існуючих систем водопостачання.

В цих умовах усе більшого значення набувають питання ресурсозбереження, що для систем водопостачання означає раціональне використання питної води, зменшення її втрат, економія матеріалів та енергоресурсів. Вирішення цих питань можливе шляхом інтенсифікації роботи водопровідних споруд, підвищення їх технічної надійності та економічності. Ресурсозбереження в системах водопостачання залежить в основному від складу водопровідних споруд та інтенсифікації їх роботи.

Шляхи ресурсозбереження починаються від споруд забору води із природних водних джерел (поверхневих чи підземних) до споживачів цієї води. На цих шляхах існує велика кількість резервів для інтенсифікації роботи водопровідних споруд: часткове очищення води безпосередньо у водному джерелі; застосування високоефективних технологій підготовки води; оптимізація складу споруд та режимів їх роботи; зменшення втрат води та її раціональне використання; оптимізація сумісної роботи насосних станцій, водопровідної мережі та напірно-регулювальних споруд тощо.

Особливу увагу приділено питанням причин незадовільної роботи всіх споруд водопостачання, оптимізації роботи кожної споруди та системи в цілому, підвищенню ефективності роботи, поліпшенню якості очищення води.

Посібник написаний спільно завідувачем кафедри водопостачання та бурової справи НУВГП, професором Орловим В.О. (розділ 3), доцентами кафедри водопостачання та бурової справи Шадурою В.О. (розділ 1, 2.1, 4), Назаровим С.М. (розділ 2.2). В написанні розділу 3 безпосередню участь приймала інженер Меддур М.М.



1. ВОДОСПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

1.1. Особливості функціонування систем водопостачання в сучасних умовах

Останніми роками в усіх галузях народного господарства України набувають поширення технології з економного використання води. Це пояснюється як низькими запасами місцевих водних ресурсів, так і значними питомими витратами води та електроенергії на її подачу, а також високими їх собівартостями. У середньому на одного жителя України припадає біля 1 100 м³ сумарного стоку в рік 95% забезпеченості, а місцевого – 580 м³/рік [1]. Це є одним із найнижчих показників в Європі (Норвегія – 97 000 м³/рік; Швеція – 24 000; Європейська частина Росії – 5 900; Франція – 3 500; Німеччина – 2 500; Бельгія – 940; Угорщина – 810;). В Україні об'єми спожитої води в різних галузях народного господарства за останнє десятиліття (рис.1.1) скоротилися в 1,5...2 рази, а порівняно із періодом найбільшого водоспоживання (кінець 80-х минулого століття) – більше ніж в три рази [2].

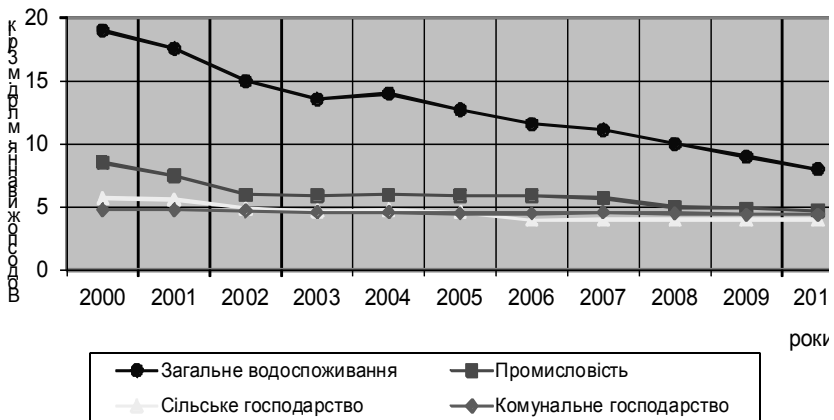


Рис. 1.1. Динаміка споживання води в Україні в 2000...2010 рр.

Господарськопитні потреби споживачів у воді складають близько 25% загального водоспоживання. Із них більше 80% води

забезпечує житлово-комунальне господарство. При цьому централізованим водопостачанням забезпечене населення всіх (423) міст України, 887 (88%) селищ міського типу та 6 506 (23%) сільських населених пунктів.

Таблиця 1.1

Питоме водоспоживання в країнах Європи

Країна	Водоспоживання, л/добу на 1 жителя	Країна	Водоспоживання, л/добу на 1 жителя
Великобританія	136	Франція	159
Німеччина	142	Швеція	194
Голландія	148	Угорщина	292
Данія	190	Росія	262
Іспанія	126	Україна	320

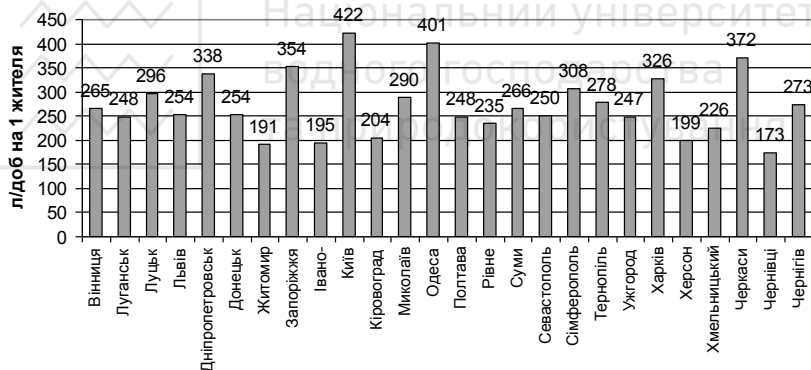


Рис. 1.2. Питоме водоспоживання в містах України міста

Вода є життєво необхідним чинником, що не лише впливає на здоров'я, а й забезпечує існування людини. Щороку внаслідок вживання неякісної води на Землі помирає близько 3,5 млн. осіб. За прогнозами фахівців до 2010 року 2/3 населення планети відчуватиме дефіцит питної води задовільної якості.

В Україні для 25% систем водопостачання та водопровідних мереж закінчився термін амортизації, 22% систем водопостачання потребують невідкладного ремонту, 35% із них вже повністю



вийшли з ладу. Половина насосних станцій виснажили свої ресурси, а 40% потребують негайної заміни. Щодо водовідведення, 26% каналізаційних мереж та 7% насосних станцій потребують ремонту. Більше того, 46% насосних станцій потребують цілковитої заміни. Як результат ситуації, що склалася, 45% населення споживає воду, яка не відповідає державним стандартам, встановленим у 1982 році. Стан здоров'я населення України оцінюється як критичний.

Оскільки якість питної води є одним із ключових факторів, що впливає на стан здоров'я, вирішення проблеми міської питної води вимагає особливої уваги та вжиття негайних заходів з боку держави і всіх зацікавлених сторін.

Якщо врахувати, що в державі не приділяють належної уваги надійності роботи житлово-комунального господарства, порушено фінансово-кредитну рівновагу в роботі галузей, фактично розвалено економіку комунальних служб існуючими нормативами й законодавчими актами, тарифами на електроенергію, газ, то зрозуміло, що ЖКГ поставлено на межу, за якою, якщо не будуть вжиті негайні заходи, почнуться незворотні процеси повного розвалу найважливіших галузей, зокрема, водозабезпечення. І це може статися у найближчі два роки.

Жодна країна світу не виводила житлово-комунальний сектор з кризи тільки за рахунок тарифів і бюджетів усіх рівнів. Без залучення інвестицій і приватного капіталу в цю галузь реформа ЖКГ не відбудеться.

1.2. Структура витрат та втрат води в сучасних умовах

У 1999 – 2002 рр. в рамках Програми модернізації муніципального водопостачання (далі Програми), фінансованої Агенцією США з міжнародного розвитку, виконано дослідження водоспоживання в житловому секторі декількох міст України. В результаті цих досліджень визначено, що середнє питоме водоспоживання населення, яке проживає в багатоквартирних житлових будинках, перевищує 320 л/люд/добу. Оскільки більшості населення рахунки за послуги водопостачання виставляються на основі норм водоспоживання (190...300 л/люд/добу залежно від рівня благоустрою будинків), це призводить до збільшення різниці між обсягами видобутої і реалізованої води.



Широко поширена думка, що водоспоживання населення менше або приблизно дорівнює нормативному, а втрати води, в основному, спричинені витоками із зовнішніх мереж. В результаті, коли йдеться про зменшення втрат, заходи із зменшення водоспоживання населення взагалі не розглядаються, а увагу в першу чергу приділяють ремонту та заміні труб розподільчої мережі. На одного мешканця України в середньому припадає від 1,5 до 2 метрів труб розподільчої мережі водопостачання. Вартість повної заміни цих труб разом з засувками і будинковими вводами становить приблизно 500 грн./м. Щоб досягти відчутного скорочення витоків, потрібно замінити щонайменше 10% труб розподільчої мережі, витративши при цьому 75...100 грн./особу. Тому важливо визначити, чим зумовлене надмірне водоспоживання у житловому секторі і розглянути можливі заходи для його скорочення.

Таблиця 1.2

Результати замірів водоспоживання в житловому секторі

Місто	Загальна кількість жителів, охоплених вимірюваннями	Фактичне (виміряне) водоспоживання, л/люд/добу	
		межі	Середньозважене
Житомир	4 413	320...723	487
Ізюм	1 473	275...518	378
Черкаси	9 216	254...427	348
Кам'янець-Подільський	4 137	332...561	312
Хмельницький	931	211...441	283
Сніжне	332		263
Бердянськ	2 790	192...268	216
Тернопіль	5 071	201...222	204
Разом	28 363	201...723	324

Величина середньозваженого питомого водоспоживання в обстежених містах України коливається від 204 до 487 і становить в середньому 324 л/людину/добу.(табл.1.2, рис.1.3). Надмірне питоме водоспоживання населення (для порівняння в країнах Західної Європи ця величина в 2000 р. становила 100...120 л/людину/добу) може бути спричинене як нераціональним використанням води, так і витоками з санітарно-технічних приладів.

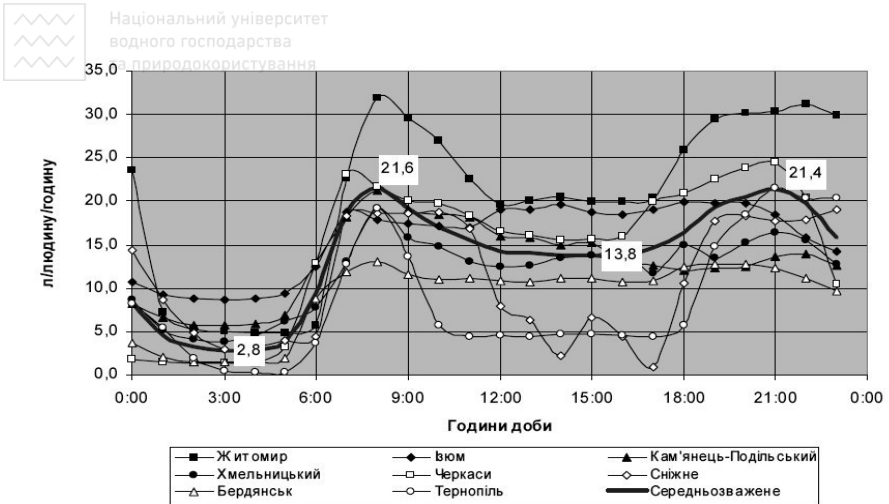


Рис. 1.3. Добове питоме водоспоживання в житлових будинках

Величина цих витоків для систем, в яких тиск на ввіді до будинку протягом доби суттєво не змінювався, визначалася за методикою залежно від фактичного питомого водоспоживання в нічні години. Для міст Хмельницького, Житомира, Кам'янець-Подільського, Ізюма, в яких середнє питоме водоспоживання в нічні години становило 5...9 л/люд/год, величина втрат, підрахованих за вищезгадану методику, складає 95...185 л/людину/добу, тобто від 20 до 50% від поданої в будинки води.

Для систем, в яких в нічні години тиски на вводах до будинків зменшують (Черкаси, Сніжне, Бердянськ, Тернопіль), оцінити втрати за такою методикою неможливо. Проте коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання для всіх міст (за невеликим винятком) близький незалежно від графіка подачі води. Оскільки розміри систем, які досліджувалися, були приблизно однаковими багатопверхові будинки), то значення цього коефіцієнта опосередковано характеризує співвідношення витоків і споживання води. Це дозволяє зробити висновок, що частка витоків в загальній кількості поданої в будинки води знаходиться в межах 20...50% незалежно від того, подавалася вода за графіком чи цілодобово. Одержані експериментальні результати збігаються з даними інших авторів. Зокрема, на основі обстеження будинкових систем міст східних та південних областей України встановлено, що відсоток



втрат складає 25...68%, в середньому 41% від обсягів поданої в будинки води. Аналізуючи далі одержані результати, бачимо, що навіть з таким відсотком витоків з санітарно-технічних приладів споживачі в квартирах використовують в середньому понад 200 л/люд/добу. Споживання такої кількості води дозволяє стверджувати, що значна її частина використовується нерационально.

Викладені вище міркування свідчать як про необхідність, так і про реальну можливість зменшення втрат води за рахунок скорочення водоспоживання населенням, яке зараз є основним споживачем послуг водоканалів. Досягнути скорочення можна як за рахунок зменшення витоків з санітарно-технічних приладів, так і впливом на культуру водоспоживання.

У міських водопроводах України (табл.1.3) переважають відбори води населенням та не обліковані витрати (втрати через витoki, нерациональне використання води, технологічні витрати ВКГ). В останні роки існує стійка тенденція до збільшення їх частки (понад 80%), про що засвідчують проаналізовані нами літературні дані.

Існуюча тенденція до зниження об'ємів спожитої води пояснюється зменшенням нерациональних витрат води (до 30%), її економією при масовому встановленні квартирних водолічильників, впровадження енерго- і водоощадних заходів. Важливим фактором є приведення у відповідність тарифів на воду до її собівартості .

Водопровідно-каналізаційне господарство є найбільшим споживачем електроенергії у комунальній сфері – біля 6 млрд.кВт.год на рік, що складає 75% загальногалузевого споживання, або 5,2% сумарного електроспоживання в Україні. При цьому нерациональні витрати електроенергії становлять 1,1 млрд.кВт – год. щорічно.



Структура витрат води, % в населених пунктах

Населений пункт	Населення	Бюджетні організації	Інші (промисловість ТКЕ)	Необліковані витрати води
Рівне	60	12	4	24
Ужгород	40	17	5	38
Кіровоград	39	3	9	49
Івано-Франківськ	32	4	16	48
Тернопіль	50	4	8	38
Чернігів	61	7	8	24
Харків	62	3	5	30
Чернівці	40	4,5	7,5	48

Понад 70% електроенергії у ВКГ витрачається на подачу питної води в СПРВ, а її середні питомі витрати на відпуск води споживачам становлять близько 1,0 кВт-год/м³. Вони перевищують аналогічні показники європейських держав в 1,8...2,6 рази. Вартість електроенергії становить основну частину прямих витрат у собівартості води.

Статистичні дані засвідчують, що нераціональні витрати електроенергії становлять до 30% і більше, що пов'язано з недосконалістю СПРВ, неефективною роботою встановленого насосного обладнання та значними витоками і втратами води (іноді до 50%). Так, згідно з офіційними даними, у ВКГ України потребує заміни 7 % насосних станцій, повністю амортизовано 30% насосних агрегатів, а 98% потребує заміни. Внаслідок незадовільного технічного стану мереж і насосного обладнання втрати електроенергії на подачу води становить до 40%. Тому галузевою програмою енергозаощадження в житлово-комунальному секторі передбачене їх скорочення до 2010 року на 20%. Важливе місце відведене впровадженню енергозаощадних технологій, реконструкції та інтенсифікації роботи СПРВ. Аналіз проведених досліджень показує, що основними причинами перевитрат електроенергії є значні втрати напору у водоводах і водопровідних лініях мереж при збільшених гідравлічних опорах за рахунок

корозії труб і додаткових місцевих опорів; не конструктивність СПРВ, відсутність або неефективність зонування та розташування напірно-регулювальних споруд; не оптимальність режимів роботи насосних агрегатів на мережу, особливо при введенні графіків подачі води; експлуатація зношеного насосного обладнання з низькими ККД; збільшені витрати води за рахунок витоків та нерационального її використання споживачами тощо .

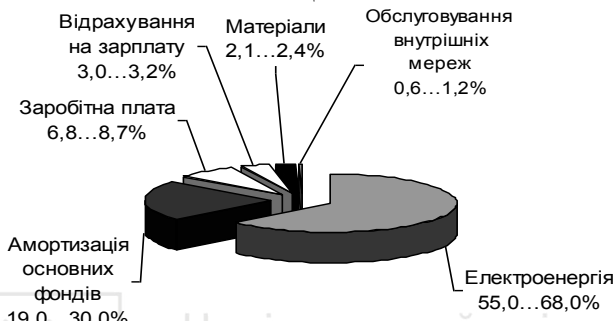


Рис. 1.5. Структура прямих витрат у собівартості води

Станом на 2009 рік загальна довжина комунальних водопровідних мереж склала 112 тис. км, з яких 37 тис. км, або 33%, знаходяться в аварійному стані і потребують заміни. Ці величини постійно збільшуються і за 10 років зросли більше ніж в два рази, що пояснюється, в основному, передачею на баланс ВКГ відомчих водопроводів. Через зношеність водопровідних мереж та їх високу аварійність в них через витoki складають понад 25%. Обстеження водопроводів спеціалістами фірми PADCO у 24 містах України із населенням 50...300 тис. жителів показали, що водоводи і водопровідні мережі там прокладені, в основному, із чавунних (50%) та сталевих (42%) труб. Аналогічні результати отримані в попередні роки при обстеженні 72 водопроводів міст України: чавун – 55%, сталь – 40%. Такі труби в більшості випадків (82%) мають на внутрішній поверхні відкладення корозійного характеру, які призводять до збільшення гідравлічних опорів труб в 1,5...5,0 і більше разів. На ступінь збільшення опорів труб, крім їх матеріалу і хімічного складу води, суттєво впливають режими подачі води по трубопроводах та термін їх експлуатації. При цьому важливим є місце знаходження ділянки трубопроводу в системі, швидкість руху



води, характер їх зміни в часі тощо. Прогнозування зміни гідравлічних опорів водопровідних труб залишається важливою наукою і технічною проблемою.

Більшість водопровідних труб експлуатується понад 20 років, що негативно відображається не тільки на їх гідравлічних характеристиках, але й на показниках надійності. Встановлено, що зі збільшенням строку експлуатації аварійність труб, особливо сталевих, зростає через їх корозію (рис.1.6). Так, на труби, що експлуатуються понад 20 років, припадає більше половини всіх відмов через аварії, ліквідація яких потребує розкопок. Серед інших пошкоджень – руйнування стикових з'єднань, переломи труб, їх механічні пошкодження. В основному вони пов'язані з якістю будівельно – монтажних робіт і впливом зовнішніх факторів. Їх негативного впливу можна уникнути, дотримуючись правил приймання і утримання водопроводів. Висока ефективність досягається при застосуванні сучасних методів обстежень і ремонту трубопроводів із використанням пересувних телеустановок. Однак проблеми реновації металевих труб стають все актуальнішими для сучасних СПРВ населених пунктів як в Україні, так і в ближньому зарубіжжі.

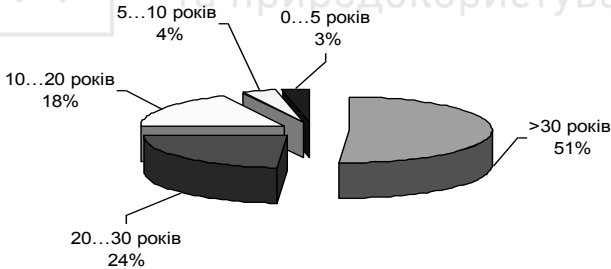


Рис. 1.6. Відносний розподіл труб по строках експлуатації

Дослідження показують, що одним із найбільш впливових факторів на аварійність мереж і величини витоків води із них є напір води. Тому в багатьох країнах світу величини максимально допустимих напорів у водопровідних мережах нормуються. Зокрема, в Італії вони становлять 61,2 м.вод.ст., у Великобританії, Ірландії – 30, в Нідерландах – 20, а в Україні та Росії 60 м.вод.ст. Дотримання цих нормативних величин напорів значно знижує аварійність трубопроводів, зменшує витоків та нераціональні



Це досягається ефективним зонуванням водопровідних мереж, оперативним перерозподілом потоків води у них та впровадження автоматизованих систем управління роботою СПРВ.

У роботі сучасних СПРВ спостерігається вторинне забруднення води при транспортуванні її по водопровідних трубах. Внаслідок цього якісно підготовлена питна вода на водопровідних очисних спорудах не відповідає сучасним нормативним вимогам у місцях її розбору. Вторинне забруднення пов'язане зі станом водопровідних мереж та режимами їх роботи. До найвпливовіших факторів належать.

- фізичні – матеріал труб (в основному сталеві та чавуні внутрішнього захисного покриття), їх вік, температура води та тривалість перебування води в трубах (контакту із металом), яка в окремих випадках складає десятки годин;
- хімічні – склад води, якість матеріалу труб, корозія;
- біологічні – розвиток мікроорганізмів при попаданні ґрунтових вод і утворенні біоплівки на внутрішній поверхні труб;
- гідравлічні – швидкість води в трубах, інтенсивність розбору води та її зміна протягом доби, тижня;
- експлуатаційні – забруднення труб при ремонтах, утворення вакууму і підсмоктування ґрунтових вод при подачі води за графіками.

Особливо впливає на вторинне забруднення води корозія металевих труб при тривалому перебуванні в них води. У зв'язку із існуючою тенденцією до зменшення водоспоживання в населених пунктах України і, як наслідок, зниження продуктивності діючих СПРВ вторинне забруднення набуває все більшою гостроти. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є модернізація СПРВ при створенні умов подачі якісної води ще на стадії проектування. Це, зокрема, зміна гідравлічних режимів із врахуванням тривалості транспортування води, можливого утворення вакууму в трубах, їх санація.

Тарифи на послуги водопостачання, водовідведення у розрізі населених пунктів (табл.1.4) значно різняться, що пов'язано насамперед із місцевими умовами забезпечення населених пунктів питною водою та відведення стічних вод.



Порівняння тарифів на послуги водопостачання водоканалів
обласних міст України

№ з/п	Обласний центр	Фактична собіварт. (без ПДВ), грн./м ³		Затверджені тарифи з ПДВ, грн.					дата введення тарифу	для комерційних споживачів, грн./м куб.
				для населення						
				населення	комерційні споживачі	на 1 м куб води	на 1 особу в місяць	затверджена норма споживання води, м куб.		
1	Сімферополь	2,22	2,22	2,43	29,57	12,17	24	01.03.08	5,17	
2	Вінниця	1,19	1,19	1,14	10,26	9	24	22.05.08	3,6	
3	Луцьк	1,31	1,31	1,8	9,86	9,13	24	20.05.08	2,46	
4	Дніпропетровськ	1,61	1,61	1,46	13,32	9,12	24	08.11.07	4,22	
5	Донецьк	1,68	1,68	2,10	17,22	8,2	24	01.06.08	5	
6	Житомир	1,65	1,46	1,57	9,42	6,2	24	01.01.08	2,35	
7	Ужгород	2,51	2,51	2,98	17,88	6	12	01.06.08	5,91	
8	Запоріжжя	1,77	1,77	2,556	31,30	12,25	24	01.07.08	2,95	
9	Івано-Франківськ	2,02	2,02	1,72	16,34	9,5	24	01.06.08	2,50	
10	Біла Церква	1,8	1,80	1,26	11,47	9,1	24	01.03.07	1,56	
11	Кіровоград	2,970	2,970	2,81	24,4	8,7	24	01.04.08	5,23	
12	Луганськ	3,45	3,45	3,9	22,62	5,8	24	01.06.08	5,27	
13	Львів	1,7	1,7	2,58	29,93	11,6	12	01.07	3,58	



								.08	
14	Миколаїв	1,75 4	1,75 4	1,50	13,50	9,00	18	01.06 .08	3,82
15	Одеса	1,52	1,52	1,27	11,71	10,65	24	14.02 .08	5,8
16	Полтава	2,76	2,76	2,38	34,77	9,0	24	03.06 .08	11,9 6
17	Рівне	1,62	1,62	1,9	11,2	9,1	24	08.08 .08	5,49
18	Суми	1,73	1,73	1,31	11,95	9,13	24	01.01 .07	3,12
19	Тернопіль	1,14	1,14	1,37	6,66	8,36	24	01.01 .08	1,73
20	Харків	1,8	1,8	1,65	15,02	11,1	24	15.10 .06	5,00
21	Херсон	1,79	1,79	1,37	11,10	8,10	12	01.07 .06	2,81
22	Хмельницький	1,34 4	1,57 4	1,79	7,43	4,15	24	01.07 .08	2,98
23	Черкаси	1,41	1,41	1,09	9,8	9	24	01.01 .08	2,41
24	Чернівці	2,83	2,75	2,98	16,09	5,4	24	15.03 .08	6,20
25	Чернігів	1,37 7	1,37 7	1,11	10,13	9,13	24	05.03 .08	4,92
26	Київ	1,12	1,08	0,94	5,17	5,5	24	01.12 .06	2,82
27	Севастополь	2,36	2,36	2,02	17,55	9,39	24	16.10 .07	3,61
28	Кам'янець – Подільський	2,28	2,28	2,37			24	01.07 .08	4,68

За даними моніторингу, по базових підприємствах регіонів України рівень діючих тарифів для населення по видах послуг коливався:

- водопостачання - від 0,94 грн. (м. Київ) до 3,90 грн. за 1 м³ (м. Луганськ),
- водовідведення - від 0,54 грн. (м. Київ) до 2,76 грн. за 1 м³ (м. Луганськ),



Рівні відшкодування населенням вартості комунальних послуг коливаються у межах:

- на послуги водопостачання: від 56,7 % у м. Миколаїв понад 100% у містах Донецьк, Луцьк, Запоріжжя, Львів;
- на послуги водовідведення: від 42,6% у м. Харків понад 100% у містах Ужгород, Запоріжжя, Луцьк, Черкаси, Сімферополь;

Перевищення тарифів на комунальні послуги для промислових споживачів над тарифами для населення коливається:

- на послуги водопостачання: від 1,15 раз у м. Запоріжжя до 5,02 раз у м. Полтава;
- на послуги водовідведення: від 1,17 раз у м. Запоріжжя до 6,49 раз у м. Харків.

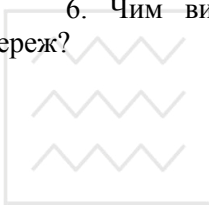
Аналіз стану СПРВ населених пунктів України показує, що їх функціонування в нинішніх умовах має свої характерні особливості, пов'язані із перманентними змінами параметрів, ринковими правилами господарювання, інтенсивним старінням і зношенням споруд та комунікацій. Так, *зміни витрат води* мають не тільки циклічний добовий і сезонний характер, але й тенденцію до зменшення їх загальних величин, що обумовлено впровадженням раціональних методів водокористування. Особливе місце займає *збільшення гідравлічних опорів* водопровідних труб у процесі експлуатації, причиною якого є утворення відкладень на їх внутрішній поверхні (в основному через корозію сталевих і чавунних труб). На більшості водопроводів *надійність* водопровідних ліній та інших елементів СПРВ у зв'язку з інтенсивним старінням і зношення постійно знижується. *Ефективність* роботи насосного обладнання є низькою через невідповідальність його параметрів існуючим змінним режимам розбору і подачі води, що обумовлено, зокрема, й недосконалістю традиційних методів підбору насосів для СПРВ. *Функціональні показники СПРВ* (питомі витрати електроенергії, втрати води через витоки, аварійність тощо), як правило не відповідають їх мінімальним величинам. Це пов'язано не тільки із перманентними змінами параметрів окремих елементів СПРВ, але й змінами їх структурних схем через регулярні ремонти, вилучення, заміни та будівництво нових водопровідних ліній, підключення чи ліквідацію окремих споживачів тощо.



Такий стан СПРВ вказує на необхідність їх повної реновації, що передбачає не тільки масову заміну трубопроводів та обладнання, але й зміну умов проектування їх реконструкції та модернізації з урахуванням існуючих проблем і тенденцій розвитку, зміну основних параметрів у процесі експлуатації, а також вимог ресурсозаощадження.

Контрольні запитання

1. Яке питоме водоспоживання в країнах Європи?
2. Яке питоме водоспоживання в містах України?
3. Яка структура витрат води в містах України?
4. Які причини підвищеної аварійності трубопроводів?
5. Який фактор найбільше впливає на аварійність водопровідних мереж?
6. Чим викликане вторинне забруднення водопровідних мереж?





2. ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ

2.1. Водозабірні споруди із підземних джерел

В процесі тривалої експлуатації підземних водозаборів має місце зменшення їх загальної продуктивності. Це залежить від сумісного впливу наступних факторів:

- гідрологічних умов ділянки на якій розташовані свердловини;
- режиму експлуатації водозабору;
- величини водовідбору;
- кольматажу фільтрів та прифільтрових зон.

Вплив того чи іншого фактору змінюється в часі. Суттєве значення при цьому має хімічний склад підземних джерел, інтенсивність взаємодії свердловин, вірний вибір фільтра та насосного обладнання, інтенсивність утворення осадів на фільтрах та прифільтрових зонах, що призводить до зменшення дебіту свердловин або виходу їх із ладу. Великий вплив на зміну продуктивності свердловин має не тільки водопроникна здатність приймальної частини свердловини, але й положення статичного рівня в свердловині. Статичний рівень є одним з найголовніших параметрів, що визначають дебіт свердловини. Положення статичного рівня залежить від:

- типу підземних вод;
- умов живлення та режиму експлуатації підземних вод;
- відстані між свердловинами;
- водозабезпеченості свердловини.

Основні причини та ознаки зменшення продуктивності свердловин, які встановлюються за результатами натурних досліджень представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Причини зменшення продуктивності свердловин

Ознаки			Можливі причини
Статичний рівень	Динамічний рівень	Питомий дебіт	
Без змін	Вище проектного	Без змін	Несправність насоса



Постійно понижу- ється	Постійно понижується	Без змін	Збільшення депресійної воронки
Періодичне пониження	Періодичне пониження	Без змін	Вплив роботи сусідніх свердловин
Без змін	Нижче проектного	Зменшений	Несправність водоприймальної частини
Нижче проектного	Без змін	Май же без змін	Витоки води вище динамічного рівня
Нижче проектного	Нижче проектного	Зменшений	Витоки води нижче динамічного рівня

2.1.1. Завдання і методика інтенсифікації та реконструкції роботи водозбірних свердловин

Основними завданнями налашки і інтенсифікації свердловинних водозаборів із застосуванням автоматизованої системи обробки і аналізу матеріалів обстеження є:

- уточнення (визначення) параметрів водоносного комплексу і водозабірних свердловин, водопідіймального устаткування і трубопроводів;
- оцінка технічного стану окремих споруд і устаткування водозабору і визначення можливості здобуття ними необхідних об'ємів води;
- визначення оптимальних типів водопідіймального устаткування і параметрів режимів експлуатації водозабору;
- прогнозна оцінка експлуатаційних запасів підземних вод з перспективами розвитку водозабору.

Обстеження і налашка водозаборів повинні проводитися як на стадії пуску водозабору, так і на водозаборах, що діють періодично, у міру зміни параметрів і режимів їх роботи, і включають виконання наступних робіт:

- збір технічної і експлуатаційної інформації;
- натурні обстеження споруд і устаткування;
- обробку і аналіз матеріалів обстеження з ідентифікацією математичної моделі водозабору;



- розробку заходів щодо інтенсифікації роботи споруджень I підйому і раціонального відбору підземних вод.

В результаті збору інформації виявляється схема водозабору, склад і характеристики технологічних споруд, комунікацій і устаткування. Вивчаються матеріали гідрогеологічних досліджень і режимних спостережень за водовідбором і рівнями підземних вод, паспортні дані свердловин і експлуатаційні характеристики протягом всього періоду роботи.

Натурне обстеження включає зйомку параметрів роботи водозабору в режимі максимального навантаження. При цьому вимірюються: тиск води в трубопроводах на гирлах свердловин і характерних точках збірних водоводів (манометрична зйомка), рівні води у водозабірних і наглядових свердловинах, споживана електроенергія свердловинних електронасосів і рівень води в резервуарах. Виробляється дослідження динаміки відновлення рівня в кожній свердловині і що взаємодіють з нею (після її відключення) і, нарешті, за допомогою відкачування свердловини «на викид» визначаються характеристики зануреного насоса і свердловини.

Алгоритмом передбачений аналіз введеної користувачем вихідної описової інформації і згідне її облиште реалізується та або інша спрощена або розширена схематизація кожного із складових елементів. При виявленні некоректних ситуацій видається відповідне повідомлення з рекомендацією можливих доріг виправлення. Вирішення як оптимізаційних, так і ситуаційних завдань завжди супроводжуються видачею відповідних ситуації повідомлень, що складається, про обчислений або заданий апіорі стані кожній з активних свердловин об'єкту.

Вся інформація, використовувана в розрахунках, зберігається у власній базі даних. Вона включає системне математичне забезпечення, що дозволяє здійснити введення і коректування вихідної і довідкової інформації, її зберігання, роботу програмного комплексу, відображення на моніторі, що забезпечує ідентифікацію і реалізацію математичної моделі водозабору і друк результатів розрахунків.

В процесі роботи системи вводяться дані про схему водозабору, матеріали відкачувань і відновлень рівня в свердловинах, результати зйомки параметрів режиму роботи водозабору, які



можуть бути скоректовані. Аналогічним чином заноситься, коректується і зберігається довідково-нормативна інформація по водопідіймальному устаткуванню (каталоги насосів) і трубопроводам.

На основі вихідної інформації програмним комплексом виробляється:

- визначення гідрогеологічних параметрів експлуатованого водоносного комплексу по тимчасовому і площадковому дослідженню відновлень рівнів в свердловинах і їх усереднювання;
- побудова фактичних характеристик свердловинних електронасосних агрегатів (натиск, продуктивність, ККД, потужність) і характеристик «дебіт-пониження» свердловин;
- визначення фактичних дебітів свердловин і робочих параметрів насосного устаткування для заданого режиму роботи водозабору;
- визначення фактичної пропускної спроможності (гідравлічних опорів) трубопровідних комунікацій;
- гідравлічний розрахунок системи збірних водоводів.

2.1.2. Проведення діагностики свердловин та розробка проекту на реконструкцію

Підставою для розробки проектної документації на реконструкцію (капремонт) є акт обстеження з рекомендаціями по його реконструкції або відновленню з діагностикою технічного стану водозабірної свердловини і в першу чергу її водоприймальної частини.

Технічний стан водозабірних свердловин визначається спеціальними геофізичними методами (кавернометрія, свердловинне фотографування, свердловинне телебачення, витратометрія, резистивіметрія і ін.).

Підставою для реконструкції свердловини може бути також і висновок органів санітарної служби в тих випадках, коли використання того або іншого водоносного горизонту (пласта) неможливе із-за погіршення якості води.

Проектно-кошторисна документація на реконструкцію або капремонт складається з наступних розділів:

1. Коротка характеристика гідрогеологічних умов району робіт.



2. Конструкція свердловини, якість підземних вод і наземні споруди.

3. Результати обстеження.

4. Склад робіт по реконструкції (капремонту) об'єкту.

5. Освоєння і випробування свердловини.

6. Охорона природних умов.

7. Організація і тривалість робіт.

8. Кошторисна документація.

8.1. Звідний кошторисний розрахунок вартості реконструкції (капремонту).

8.2. Локальні кошториси.

9. Підготовки свердловини до здачі в експлуатацію.

10. Попередні рекомендації по експлуатації свердловини.

10.1. Початково-дозвільна документація.

10.2. Копія паспорта свердловини.

Розділ «Конструкція свердловини, якість підземних вод і наземні споруди» повинен містити наступні дані:

- Паспортний номер свердловини, належній реконструкції (капремонту), рік її споруди, найменування організації, що виконала бурові роботи, спосіб буріння, глибина свердловини.

- Коротку характеристику і інтервал залягання використовуваного водоносного горизонту (пласта).

- Діаметр і інтервал установки експлуатаційної колони.

- Опис водоприймальної частини свердловини (фільтрова, безфільтрова), дебіт, питомий дебіт, статичний і динамічний рівні.

- Характеристики водопідіймального устаткування.

- Заслання на документи, з яких отримані перераховані дані (на момент здачі свердловини).

- Дані за якістю підземних вод при здачі свердловини в експлуатацію із засланням на лабораторію, що виконала фізико-хімічні і бактеріологічні дослідження проб води.

- Характеристику насосної станції, обгороджування ЗСО строгого режиму, електроустаткування на момент здачі свердловини. Розділ «Результати обстеження» містить відомості, викладені в акті обстеження, включаючи:

- терміни роботи свердловини, зміни в конструкції, ким, коли і які види ремонтних робіт виконувалися на свердловині;



- основні показники роботи свердловини і якості підземних вод на момент обстеження в порівнянні з первинними, тобто при здачі свердловини в експлуатацію;
 - стан водоприймальної частини свердловини;
 - стан насосної станції, обгороджування ЗСО, водопідіймального устаткування і електроустаткування;
 - причини, що викликали необхідність виконання робіт по реконструкції (капремонту) свердловини.

Розділ «Склад робіт по реконструкції (капремонту) об'єкту» містить детальний перелік намічених робіт:

- роботи, що виконуються безпосередньо в свердловині (демонтаж, монтаж водопідіймального устаткування, буріння, заміна труб, фільтрів і т. д.);
 - рекомендації на випадок неможливості витягання обсадних труб, фільтрів і т. д.;
 - очікувані результати робіт (параметри свердловини, дебіт, питомий дебіт, рівні, якість води і водопідіймальне устаткування, що рекомендується). Геолого-технічний розріз з вказівкою витрати основних матеріалів:
 - роботи по відновленню наземних споруд (насосна станція, обгороджування ЗСО).

2.1.3. Математичне моделювання при розрахунках підземних водозаборів

Свердловинний водозбір підземних вод є складною системою, що включає водоносний горизонт, технологічні споруди і устаткування по забору, підйому і подачі води споживачам, параметри роботи яких тісно зв'язані один з одним.

Основні завдання комплексного розрахунку свердловинного водозабору підземних вод, який повинен вироблятися на стадіях попередньої і детальної розвідки, при проектуванні і на кожному етапі експлуатації, представлені на рис. 2.1.

Вихідними даними служать розрахункові схеми водоносних горизонтів, гідрогеологічні параметри водоносного пласта (провідність пласта, кордони живлення і ін.), технічні параметри свердловин і насосного устаткування, кордони території водозабору, його планована продуктивність і так далі Спочатку



визначається максимальне пониження рівня води в свердловині і дебіт свердловини з врахуванням допустимих швидкостей входу води у фільтр і його гідравлічного опору.

В період експлуатації свердловинного водозабору повинні вирішуватися наступні завдання: знаходження оптимальних режимів; визначення раціонального розставляння насосного устаткування; уточнення запасів підземних вод і визначення оптимального варіанту реконструкції водозабору. Для вирішення цих завдань необхідно систематично (не рідше чотири раз на рік) отримувати достовірні дані про параметри пласта, свердловин, насосів, водоводів.

Існуюча тенденція до зниження об'ємів спожитої води пояснюється зменшенням нераціональних витрат води (до 30%), її економією при масовому встановленні квартирних водолічильників, впровадження енерго- і водоощадних заходів [5].

Модель водозабору включає систему рівнянь, складених по умові балансу витрат для кожного вузла розрахункової схеми, при якому повинна дотримуватися рівність нулю суми втрат натиску в кожному контурі графічної моделі мережі водозабору, і має вигляд

$$\sum_j q_{ij} + Q_i = 0, \quad (2.1)$$

де q_{ij} – дебіт свердловини (для кінцевих вузлів ділянок приєднаних збірних водоводів) або вузловий відбір, м³/с;

Q_i – витрата на i -м ділянці збірного водовода, що примикає до i -му вузла, м³/с

$$q_{ij} = (h_{ij} / K_{ij} A_{ij} l_{ij})^{1/2}, \quad (2.2)$$

де h_{ij} – втрати тиску на ділянці збірного водовода, МПа;

A_{ij} – питомий гідравлічний опір ділянки збірного водовода, с/м;

K_{ij} – коефіцієнт, що враховує характер руху води в трубах;

l_{ij} – довжина ділянки збірних водоводів, м.

При використанні математичного апарату підземної і трубопровідної гідравліки пониження рівня S_i в кожній з n свердловин, що діють, в загальному вигляді описується рівняннями вигляду

$$S_{t_i} = f(Q_i, km_{ij}, a_{ij}, \xi_i, x_i, y_i, t), i = 1, \dots, n, \quad (2.3)$$



де пониження рівня S_t виражає в кожній свердловині функціональну залежність від: дебітів Q_i , граничних умов і параметрів водоносного пласта (водопровідність (km)); і коефіцієнта п'єзопровідності a_i або рівнепровідності (μ) , сумарні додаткові опори, обумовлені мірою і характером розтину пласта ξ свердловин, координат розташування свердловин x_i, y_i і періоду роботи свердловини t .

Зокрема, система лінійних рівнянь (2.3) для несталого режиму фільтрації, необмеженого і однорідного пласта відповідно до [10] має вигляд

$$S_i = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{Q_i}{(km)_i} E_i \left(-\frac{r_i^2}{4a_i t} \right) + \frac{Q_i}{(km)_i} \xi_i + \sum \frac{Q_j}{(km)_j} E_i \left(-\frac{l_{ij}^2}{4a_{ij} t} \right) \right], \quad (2.4)$$

де S_i – пониження рівня в i -й свердловині, м;

Q_i – дебіт i -й свердловини, м³/доб.;

r_i – радіус свердловини, м;

km – водопровідність пласта в місці i -й свердловини, м/доб.;

a_{ij} – коефіцієнт п'єзопровідності в місці i -й свердловини, м²/доб.;

t – час умовної стабільності рівнів, доб.;

Q_j – дебіти взаємодіючих свердловин, м/доб.;

l_{ij} – відстані до взаємодіючих свердловин, м;

$(mk)_{ij}$ – середня провідність пласта між i -й і j -й свердловинами, м/доб.;

a_{ij} – середня величина коефіцієнта п'єзопровідності i -й j -й свердловин, м²/доб.;

E_i – інтегральна показова функція.

Характеристики насосного устаткування кожної свердловини представлені у вигляді

$$H_i = A_{i0} + \sum_{i=1}^n A_{ni} * Q_i^{\alpha}, \quad (2.5)$$

де H_i і Q_i – відповідно натиск і продуктивність насоса, м і м³/год;

A_{i0}, A_{ni}, α – параметри, що апроксимують характеристику $Q - H$.

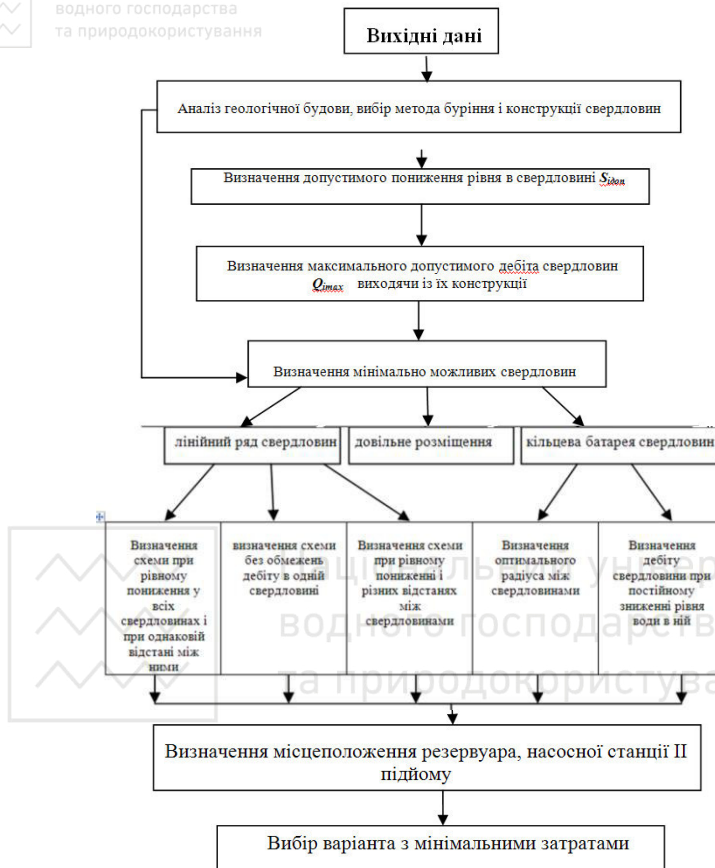


Рис. 2.1. Блок-схема вибору схеми свердловинного водозабору

В результаті спільного вирішення системи рівнянь вигляду (2.1) і (2.5) визначаються значення дебітів і положень рівнів в свердловинах, параметри роботи насосного устаткування (подача, натиск), витрати, швидкості і втрати натиску по ділянках збірних водоводів і сумарний дебіт водозабору.

Гідрогеологічні розрахунки можуть вироблятися за допомогою програмних продуктів, які вирішують наступні завдання:

- моделювання кушового відкачування;
- гідрогеологічні розрахунки водозаборів;
- розрахунок зон санітарної охорони водозаборів;



- обробку даних: обстеження по відновленню рівнів, натурального обстеження збірних водоводів і відкачувань на викид;
- прогноз і оптимізація водозабору, побудова ізометричної картини водозабору;
- порівняння варіантів експлуатації (у графічній формі);
- розрахунок варіантів водопровідної мережі міста;
- підбір оптимального насосно-силового устаткування.

Отримані фактичні характеристики елементів водозабору використовуються для створення імітаційної математичної моделі водозабору, що є системою лінійних рівнянь, що описують систему взаємодіючих свердловин і систему нелінійних рівнянь руху води в трубопровідних комунікаціях. Обидві системи рівнянь зв'язуються функціями, що описують витратно-напірні характеристики водопідйимального устаткування. Ідентифікація моделі полягає в обчисленні коефіцієнтів рівнянь функції причому незалежними для першої системи є дебіт свердловин, а для другої – п'єзометричні тиски. Спільне вирішення цих систем рівнянь з «включенням» тих або інших характеристик насосів відповідає різним режимам експлуатації водозабору. В результаті рішення однозначно визначаються залежні змінні, що є параметрами режиму роботи водозабору, положення рівнів води в свердловинах, витрати по ділянках трубопроводів, споживана потужність насосних агрегатів і так далі.

Для здобуття необхідної міри точності відповідності математичній моделі натурі потрібна наявність фактичних значень параметрів системи, експериментальне визначення яких в масовому масштабі вимагає проведення величезного об'єму робіт по обстеженню водозаборів і необхідності наявності відповідних приладів і устаткування на свердловинах.

Заміна ж окремих параметрів теоретичними (характеристик насоса – паспортними даними; опорів трубопроводів – обчисленими по напівемпіричних залежностях; прийняття усереднених параметрів водоносного пласта, експлуатаційних запасів підземних вод, що використалися при оцінці) призводить до зниження точності наближення моделі до натурі в такій мірі, що цілі, що переслідуються при моделюванні, стають недосяжними. Відносна помилка визначених в такий спосіб параметрів пласта і опору фільтрів свердловин може досягти 50...250 %, пропускну



спроможності збірних водозаборів – 100...300 %, характеристик насосного обладнання – 100...200 %.

Основне завдання оптимізації експлуатації водозабору, що діє, зводиться до наступного.

Необхідно вибрати із загальної кількості свердловин p водозабору до свердловини (до $< n$), що забезпечують заданий режим водовідбору з інтервалу $Q_B < Q_{max}$ при мінімумі енерговитрат на подачу води, яка пропорційна витратам електроенергії

$$\sum_{i=1}^k \frac{Q_i}{C_i} H_i \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

де Q_{max} – максимально допустима величина водовідбору, відповідна затвердженим експлуатаційним запасам підземних вод;

H_i – натиск насоса i -й свердловини;

η_i – ККД насосного агрегату, встановленого на i -й свердловині.

Рішення цієї задачі здійснено, якщо прийняти, що

$$H_i = S_i + H_i + \Delta h_i, \quad (2.7)$$

де S_i – глибина динамічного рівня в свердловині від гирла, м;

H_i – тиск, що розвивається насосом на гирлі свердловини, м;

Δh_i – втрати тиску у водопідіймальній трубі, м;

Величини S_i і H_i піддаються безпосередньому виміру і, крім того, значення їх можна пов'язати з величиною дебіту свердловин простими емпіричними залежностями вигляду

$$S_i = f(Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_i); \quad (2.8)$$

$$H_i = f(Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_i Z), i \leq n, \quad (2.9)$$

Ці залежності можна представити у вигляді лінійних рівнянь, коефіцієнти яких B і C визначаються вирішенням систем лінійних рівнянь вигляду

$$S_i = \sum_1^n (B_i * Q_i + B_{i0}), i = 1, \dots, n, \quad (2.10)$$

$$H_i = \sum_i^n (C_i l Q_i^\beta + Z_{yi} - Z_i) + Z_{yi} - Z, i = 1, \dots, n, \quad (2.11)$$

де Z_{yi} – відмітки гирл свердловини, причому елементи матриць S , H , Q_{yi} є безпосередньо вимірними, а показники міри P встановлюються емпірично. Характеристики насосного устаткува-



ння кожної свердловини, які і є результатом вибору по критерію, можна представити у вигляді

$$H_i - \Delta h_i = A_{oi} + \sum_{i=1}^n A_{ni} * Q_i^p, \quad (2.12)$$

$$\eta_i = E_{oi} + \sum_{i=1}^n E_n Q_i^\beta, \quad (2.13)$$

де A_{oi} , A_{ni} , E_{oi} , E_n – параметри, що апроксимують характеристику, а значення a і p визначаються лише точністю апроксимації для кожної свердловини; можна вибрати насоси з наявної безлічі, що максимально задовольняють цим параметрам.

Слід врахувати, що в процесі експлуатації водозабору з часом режим його роботи зазнає зміни. Це обумовлено зниженням експлуатаційних запасів підземних вод, зміною характеристик встановленого технологічного устаткування і трубопроводів. Крім того, виникають умови, при яких одні свердловини виходять з буд, з'являються можливості включення відремонтованих або знов, пробурених свердловин. В цьому випадку умова (2.6) перестане дотримуватися, що приведе до необхідності повторного рішення задачі визначення раціонального режиму роботи водозабору. При цьому підлягають коректуванню параметри рівнянь. Такі коректування можуть проводитися шляхом зіставлення вимірних величин S , Q і H , обчисленими за допомогою коефіцієнтів відповідних поправок.

Умовою рентабельності при переході на новий режим експлуатації водозабору буде

$$\sum_i^n \delta \left(\frac{Q_i}{\eta_i} H_i - \frac{Q_i}{\eta_i} H_i \right) \geq 3, \quad (2.14)$$

де Q_i , H_i , η_i , – параметри нового режиму, визначувані умовою (2.8);

δ – коефіцієнт, що переводить вираження, що мінімізується, у вартість;

3 – витрати по переходу на новий режим, руб.

Описана методика моделювання водозаборів підземних вод, що діють, дозволить знаходити раціональні режими їх роботи, спираючись на емпіричні величини, безпосередньо доступні виміру.

Простота здобуття необхідних даних, нескладність математичного апарату моделі і можливість його реалізації на ЕОМ



дозволяє широко використовувати пропоновану геолого-гидравлічну модель водозабору, що діє.

Розглядаючи систему «водоносний пласт – свердловина – насоси I підйому – резервуар – насосна станція II підйому», можна укласти, що оптимальний режим роботи даної системи визначається режимом водоспоживання і рівневим режимом запасно-регулюючого резервуару при постійному режимі подачі води зі свердловин.

Цільова функція має вигляд

$$\Pi = \sigma \tau \gamma \frac{1}{t} \int_{t_0}^{t_k} P_1(t) + P_2(t) dt, \quad (2.15)$$

де t_0 – початковий момент часу;

t_k – кінцевий момент часу, ч;

$P_1(t)$ і $P_2(t)$ – потужності насосів I і II підйомів, кВт;

σ – вартість електроенергії з врахуванням двохставкового тарифу;

γ – коефіцієнт нерівномірності витрачання електроенергії;

τ – час роботи водозабору в році, доб.

У загальному випадку при мінімізації функції мети на вирішувану задачу накладаються наступні обмеження – дебіт, пониження рівня в кожній свердловині і в контрольованих п'езометрах пласта не повинно перевищувати допустимого.

Процес протікання води через резервуар, пов'язаний із станцією II підйому, описується звичайним диференціальним рівнянням першого порядку

$$Q(H_z) = Q_i(t) + F \frac{dH_z}{dt}, \quad (2.16)$$

де $Q(H_z)$ – продуктивність водозабору як функція від рівня води в резервуарі, м³/год;

$Q_i(t)$ – заданий графік водоспоживання, тобто витрата води в даний момент часу, м³/год;

H_z – рівень води в резервуарі, м;

F – площа поверхні води в резервуарі, м;

t – час, год. Залежність $Q(t)$ – передбачається заданою і описує потреби у воді в певний період часу. Залежність $Q(H_z)$ може бути встановлена або натурними вимірами для водозаборів, що діють,



або за допомогою розрахунку при моделюванні роботи водозабору. Початковий рівень води в резервуарі може вибиратися довільно $H_z(t_0)=H_{z0}$, але його оптимальне значення залежить від конструктивних, гідрогеологічних і інших чинників. Для визначення залежностей $Q(H_z)$ і $P_1(H_z)$ використовується спеціальна програма, що моделює роботу водозабору з врахуванням взаємодії водопідйимального устаткування, водоносного пласта, свердловин і збірних водоводів.

Потужність $P_2(t)$ насосних станцій другого підйому визначається по заданому графіку водоспоживання $Q_t(t)$.

$$P_t(t) = \frac{P Q_t(t) H_t(t)}{\eta_t(t)} \quad (2.17)$$

Середня потужність P за період $t_k - t_0$ представлена у вигляді

$$P = \frac{1}{t_k - t_0} \int \left[P_1(t) + \frac{Q_t(t) H_2(t)}{\eta_t} \right] dt \quad (2.18)$$

Розрахунок оптимального рівневого режиму резервуару водозабору зводиться до рішення системи рівнянь одночасно з пошуком мінімуму цільової функції.

Мінімум функціонала досягається при

$$\sigma P = 0 \quad (2.19)$$

Для вирішення завдання застосована чисельна процедура пошуку мінімуму функціонала (середній потужності за період) з одночасним визначенням функції $H_2(t)$.

2.1.4. Поновлення, налагоджування, підвищення дебіту свердловин

Основними параметрами, що мають вирішальне значення при розробці налагоджувальних заходів, є:

- максимально можливі дебіту свердловин, визначувані як дослідним дорогою, так і за допомогою аналізу динаміки питомих дебітів окремих свердловин з часом;
- вплив на параметри свердловин конструкції і інтервалу посадки фільтру, терміну і режиму експлуатації свердловини і пр.;
- питомі витрати електроенергії по кожній свердловині.



Основна оцінка характеристик устаткування і режимів роботи водозабору виробляється за допомогою імітаційної математичної моделі водозабору.

Отримані в результаті розрахунку робочого режиму гідравлічні характеристики (опори, втрати натиску і швидкості по ділянках збірних водоводів, водопідіймальних труб і ліній підключення) дозволяють визначити ділянки трубопровідної мережі з підвищеними швидкостями руху води, з недовантаженими по витраті, але із значними втратами натиску. Дана інформація є основою при розробці відповідних заходів (прокладка додаткових трубопроводів, заміна труб, ремонт арматури прочистка трубопроводів).

Програмою передбачений раціональний вибір насосних агрегатів з устаткування, що існує на водозборі, а також з каталогу насосів. При аналізі цих результатів можуть виникати інші варіанти розставлення насосів, розрахунки яких з подальшою техніко-економічною оцінкою визначають ефективний варіант.

За допомогою математичної моделі можуть бути проаналізовані різні варіанти зміни розрахункової схеми водозабору, параметрів водоносного комплексу і водопідіймального устаткування для визначення заходів, направлених на поліпшення експлуатації і перспективний розвиток водозабору.

Оперативний режим роботи водозабору може характеризуватися періодичним відключенням – включенням водозабірних свердловин залежно від режиму роботи насосних станцій II підйому і резервуарів.

Графік відключення найбільш неекономічних свердловин може бути отриманий при варіантних розрахунках моделі на ЕОМ. Порівняння сумарної продуктивності водозабору із затвердженими запасами підземних вод по категоріях А + В дозволяє визначити можливі резерви.

Якщо загальна продуктивність водозабору забезпечується кількістю свердловин, передбачених проектом з врахуванням резерву слід проаналізувати причини зниження дебіту по кожній свердловині і визначити заходи щодо інтенсифікації водовідбору. За відсутності можливості інтенсифікації необхідно розглянути питання перебудови окремих свердловин і будівництва нових для досягнення проектної продуктивності водозабору працюючими

свердловинами без врахування резервних. Резерв свердловин встановлений з рівності дебітів кожної свердловини. Тому для різнодебітних свердловин резерв рекомендується встановлювати по середній продуктивності однієї свердловини даного водозабору і відсотку резерву по продуктивності водозабору.

Кількість резервних свердловин визначається

$$m = \frac{Q}{Q_{\text{нд}}}, \quad (2.20)$$

де $Q_{\text{нд}}$ – середній дебіт однієї свердловини водозабору $\text{м}^3/\text{год}$;

Q – необхідний резерв по виробництву водозабору, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$Q = mQ_n, \quad (2.21)$$

де m – необхідна кількість резервних свердловин за проектом;

Q_n – проектний дебіт однієї свердловини, $\text{м}^3/\text{год}$.

При цьому кількість резервних свердловин, визначених на стадії наладки, має бути не менш проектного, тобто

$$m \geq m^1, \quad (2.22)$$

де m^1 – необхідна кількість резервних свердловин на стадії наладки.

На відміну від аварійних планові ремонти свердловин призначаються з врахуванням міжремонтного періоду, тобто фактичного часу стабільної дії свердловини. На протязі цього часу свердловина повинна забезпечувати розрахунковий дебіт Q при допустимому пониженні рівнів $S_{\text{дон}}$ незалежно від інтенсивності кольматажу, типу водопідйомника і особливостей взаємодії свердловин. Для такої оцінки застосовують дані спостережень за зміною питомого дебіту ($q = f(t)$). Тривалість міжремонтного періоду знаходиться в діапазоні 3 місяці...3 роки, залежить від типу фільтра і є найбільшою для свердловин з широко контурними гравійними фільтрами.

Роботи капітального ремонту пов'язані із змінами в конструкціях свердловин. До них відносять:

- заміну фільтра свердловини;
- заміну обсадних труб;
- збільшення глибини свердловини;



- переведення фільтрових свердловин у безфільтрові та навпаки;

- цементування свердловин.

Роботи з ремонту насосного обладнання та збільшення продуктивності свердловини, які не пов'язані із змінами в її конструкції, відносять до робіт поточного ремонту.

Методи і способи поновлення продуктивності свердловин наведені в таблиці 2.2.

При прокачуванні ерліфтом (рис.2.2.) у свердловину згори підливають воду. По мірі розмиву піщаної пробки змішувач ерліфта опускають. У разі зцементування пробки у свердловину нижче змішувача ерліфта опускають трубу, по якій подають воду для розмивання пробки.

При переривчастому прокачуванні фільтра ерліфтом останній повільно рухають згори донизу, а потім – знизу догори. При досягненні верхньої позначки фільтра подачу води в ерліфт припиняють. При цьому на стінки фільтра стовп води з водопідйомної труби з великою швидкістю рухається донизу, створюючи підвищену хвилю тиску на поверхню фільтра зсередини свердловини, що сприяє виштовхуванню часток водоносного ґрунту з отворів фільтра і розщільнює ґрунт в при фільтровій зоні. В основу свабування покладено створення дії на поверхню фільтра змінної за напрямком підвищеної хвилі тиску, що дозволяє розщільнити кольматанти в отворах фільтра та полегшити їх наступне видалення звідти. При русі донизу додаткова хвиля тиску на стінки фільтра створюється з боку свердловини, а при русі його догори – з боку водоносного пласта.

Піротехнічним (вибуховим) способом при дії спрямованого вибуху торпедо-детонуючого шнуру (ТДШ) кольматант в прифільтровій зоні стрімко відштовхується від фільтра із створенням тріщин, а дрібні частки виносяться з пульсацією великої газової бульбашки, утвореної при вибуху.

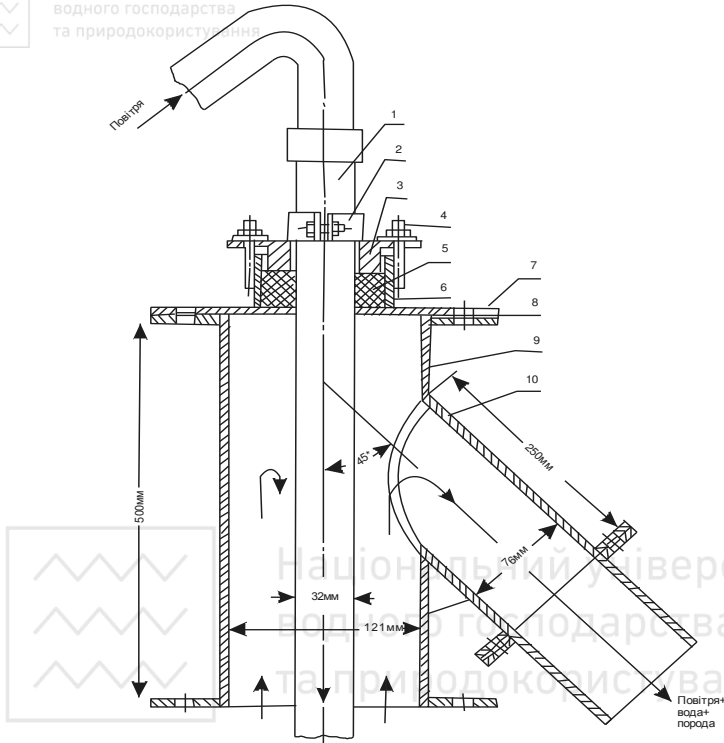


Рис. 2.2. Ерліфтний оголовок: 1 – повітряна колонна, 2 – хомут, 3 – затисний фланець, 4 – болт, 5 – набивка, 6 – корпус сальника, 7 – фланець, 8 – гумова прокладка, 9 – водопідйомна колонна, 10 – відвідний патрубок

Періодичність соляно-кислотної обробки свердловин (рис.2.3.) при забиранні води нестійкого хімічного складу становить 2...3 роки, стійкого – 10 років.

Послідовність дій при цьому наступна: 1. Заливають кислоту по трубах діаметром 30...100 мм, опущених до робочої частини фільтра; 2. Герметизують устя свердловини; 3. Подають стиснуте повітря і на протязі 1 години витримують водоприймальну поверхню фільтра під його дією; 4. Випускають повітря через кран; 5. Відкачують воду ерліфтом (> 8 год) для видалення продуктів реакції.



Методи і способи поновлення продуктивності свердловин

Виявлені причини зниження продуктивності свердловин	Метод	Спосіб здійснення
Обростання внутрішньої поверхні обсадних труб і фільтрів	Механічний	Обробка йоржем
Обростання внутрішньої поверхні обсадних труб і фільтрів при наявності корозії	Механічний	Обробка скребачкою
Виникнення піщаних пробок в свердловині при її піскуванні	Механічний	Желонування
	Гідравлічний	Прокачування ерліфтом
Механічний кольматаж фільтрів і прифільтрової зони	Гідравлічно-імпульсний	Переривчасте прокачування ерліфтом
		Свабування
Хімічний кольматаж фільтрів і прифільтрової зони при наявності сольових і залізистих відкладень	Реагентний	Соляно-кислотна обробка
Хімічний кольматаж фільтрів і прифільтрової зони при наявності щільних міцних осадів з вмістом карбонатів і солей кремнієвої кислоти	Фізичний	Піротехнічний
Біологічний кольматаж фільтрів і прифільтрової зони	Біологічний	Аерація водоносного пласта через поглинаючі свердловини

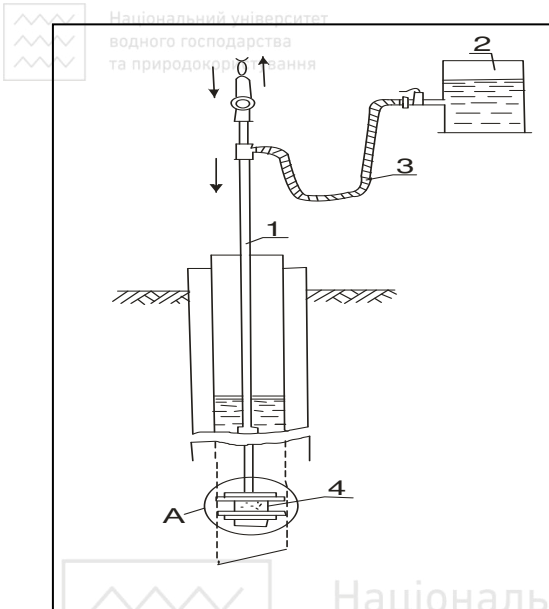


Рис. 2.3. Схема обробки фільтра кислотою:

1 – колонна, 2 – бак, 3 – шланг, 4 – кислотний йорш

Дані відновлення рівня води в свердловині і питомі дебїту дозволяють з відомостями про появу піскування, а також хімічний і мікробіологічний склад коьматанту зробити висновок про стан фільтру свердловини, необхідність проведення додаткового обстеження і ремонту свердловини.

Так, зниження питомого дебїту по відношенню до первинного свідчить про коьматаж фільтру свердловини, в даному випадку потрібно проводити роботи по відновленню дебїту свердловини. По матеріалах обстеження параметрів насосного устаткування визначаються максимально можливі дебїту з умов піскування і допустимого рівня води в свердловині. У основі аналізу лежить порівняння експериментальних даних з даними гідрогеологічних досліджень.



2.2. Водозабірні споруди з поверхневих джерел

2.2.1. Цілі і задачі інтенсифікації водозаборів

Системи водопостачання крупних промислових центрів України у значній мірі базуються на воді поверхневих джерел. Внутрішня міграція в країні та невпинна концентрація населення в таких центрах призводить до необхідності збільшувати продуктивність споруд для забирання води з поверхневих джерел (в подальшому – водозаборів). Будівництво нових водозаборів пов'язано з великим обсягом вишукувальних робіт та додатковими витратами на адаптацію обраної ділянки водного джерела під влаштування споруд. Тому капітальні вкладення спрямовують в першу чергу на інтенсифікацію роботи діючих водозаборів при їх реконструкції і модернізації.

Метою інтенсифікації роботи водозаборів як головних елементів систем водопостачання є забезпечення виконання всіх вимог, що пред'являють споживачі до цих систем, а саме – надійної подачі споживачам розрахункової витрати води під необхідним напором і належної якості при найменших витратах на будівництво і експлуатацію. Для досягнення цієї мети водозабори повинні:

- з необхідною надійністю забезпечувати забирання з джерела розрахункової витрати води і подачу її на споруди або споживачам під потрібним напором;
- захищати систему від потрапляння в неї небажаних домішок у воді (наносів і сміття, шуги, гідробіонтів);
- у водних джерелах рибогосподарського значення захищати молодь риб від її травмування і потрапляння в споруди системи водопостачання;
- бути простими у виготовленні, довговічними, міцними і стійкими проти негативної дії природних та господарських факторів в джерелі (хвилі, донні наноси, поверхневий та внутрішньоводний лід, затоплені предмети, якоря суден та плотів тощо).

Актуальною задачею при забиранні води поверхневих джерел в систему господарсько-питного водопостачання є також поліпшення якості води і зниження навантаження на водопровідні очисні споруди.



3. усіх споруд системи водопостачання водозабори найбільше підлягають негативному впливу природних факторів. Із збільшенням продуктивності (потужності) водозаборів зростають вимоги до надійності (безперебійності) їх роботи, адже багаторазово збільшується можливий збиток при аварійних ситуаціях від зниження або перерви в подачі води. Тому при складанні проектів реконструкції водозаборів споруди повинні бути розраховані на експлуатацію у звичайних умовах та надзвичайних умовах, що рідко повторюються, в тому числі й при миттєвих максимальних та мінімальних рівнях води в джерелі. Підвищення надійності роботи водозаборів переважно визначається підвищенням безперебійності забирання води з водного джерела, яка має бути забезпечена при найбільш несприятливому сполученні гідрологічних, гідравлічних, термодинамічних та інших умов. Водоприймачі водозаборів повинні бути працездатними в ускладнених умовах забирання води, а саме при:

- зменшенні глибин або витрат в руслі річки;
- транспортуванні потоком шуги, наносів, сміття, корчів тощо;
- судноплаванні, лісосплаві, регулюванні стоку на ГЕС, відбиранні води на інші потреби;
- переформуванні русла або узбережжя джерела;
- захопленні риби та розвитку в джерелі біокористувачів, фіто- та зоопланктону;
- утворенні заторів та навалів льоду.

Необхідність в інтенсифікації роботи водозабору при його реконструкції, технічному переозброєнні або шляхом здійснення експлуатаційних заходів постає у випадку втрати ним з часом необхідних кондицій або при його невідповідності новим умовам забирання води. Інтенсифікації передують ретельні дослідження і аналіз стану водозабору, умов його експлуатації та техніко-економічних показників роботи.

Результатом інтенсифікації може бути комплексне поліпшення роботи водозабору або поліпшення його роботи за певними напрямками, зокрема: збільшення продуктивності водозабору та пропускної здатності його окремих вузлів; підвищення надійності забирання і подачі води; підвищення ступеня захисту водозабору від захоплення домішок у воді та ступеня рибозахисту а також стійкості водозабору проти дії негативних факторів в джерелі;



поліпшення якості води, що забирається. Напрямок і шлях інтенсифікації роботи водозабору та обсяг робіт з інтенсифікації визначаються техніко-економічним обґрунтуванням з врахуванням чисельних місцевих факторів та собівартості води, що подається споживачам.

2.2.2. Підвищення продуктивності та надійності

Продуктивність водозаборів при загальних сприятливих умовах може бути збільшена *профілактичними заходами* (розчищенням русла, заглибленням перекатів, шугозахистом тощо). При достатній площі водоприймальних отворів і достатній пропускній здатності комунікацій водозабору підвищення його продуктивності може бути здійснено *заміною насосно-силового обладнання з розширенням або без розширення площі НС-І*. У деяких випадках крім заміни насосного обладнання при реконструкції доводиться *замінювати всмоктувальні і нагнітальні лінії*.

Більш кардинальне підвищення продуктивності водозабору при реконструкції *поряд із заміною насосно-силового обладнання досягається розширенням площі водоприймальних отворів* (при збільшенні кількості секцій водоприймача або збільшенні габаритів водоприймальних отворів) *та заміною або влаштуванням додаткових самопливних ліній*.

Влаштування додаткового руслового водоприймача на більших глибинах виконується, як правило, з погіршенням умов експлуатації оголовка в прибережній зоні (наприклад через інтенсивне відкладення наносів). При достатньо відлогодому рельєфі дна і його малому ухилі в напрямку тальвегу траса нових самопливних ліній може бути спрямованою завдяки влаштуванню нового оголовка в штучному заглибленні дна (прорізу).

Влаштування найпростішого резервного оголовка розтрубного типу на період реконструкції з відключенням основних самопливних ліній запобігає повній зупинці водозабору. При реконструкції за такою схемою слід враховувати різний гідравлічний опір і відповідно різну пропускну спроможність комунікацій за старою і новою схемами. Складність контролю за роботою затоплених водоприймачів у багатьох випадках змушує



відмовлятися від даного варіанту реконструкції на користь схем з додатковими оголовками із самостійними самопливними лініями.

Розширення берегових водозаборів з переобладнанням їх в руслові з додатковим водоприймально-сітковим колодязем або без нього пов'язано з вичерпанням можливості його подальшої експлуатації та пониженням рівнів в річці.

Влаштування водоприймальних ковшів проводять при неможливості або ускладненні розміщення водоприймача в руслі річки, а також при необхідності разом із збільшенням продуктивності водозабору поліпшити його захист від шуги та наносів.

Під час реконструкції водозаборів і часткового або повного виключення з роботи їх основних споруд встановлюють тимчасові пересувні водозабори (рис. 2.2).

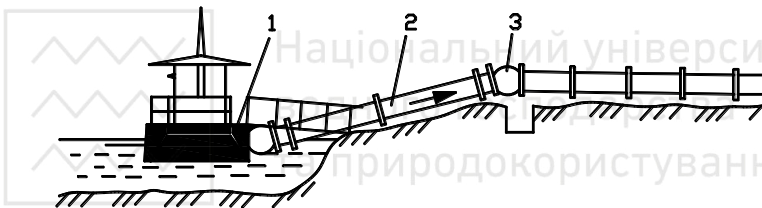


Рис. 2.2. Пересувний плавучий водозабір:

1 – насосна станція; 2 – береговий трубопровід; 3 – кульове з'єднання

При експлуатації руслових водозаборів в умовах збільшення забруднюючих домішок у воді джерела виникає необхідність в реконструкції водозабору під проведення *гідравлічної імпульсної* промивки ліній і вікон. При цьому на кінцях самопливних ліній встановлюють вакуум-колони висотою 6...8 м (рис. 2.3,а), оголовки яких обладнують патрубками для зриву вакууму та з'єднують повітряводами з вакуум-насосами. Останні можуть бути встановлені в службовому павільйоні над БВСК або в НС-І.

При такій промивці створюється змінна за напрямком дії на площину водоприймального вікна хвиля тиску, яка розшилює забруднення, затримані решіткою або касетою, і полегшує їх наступне змивання в джерело при зворотній промивці. Перша хвиля тиску, що діє на всю площину вікна, викликається при зриві



вакууму, який попередньо створюється у вакуум-колоні за допомогою вакуум-насосу. Графіки гармонійних коливань швидкості в самопливній лінії та рівня у вакуум-колоні при промивці наведені на рис.2.3,б.

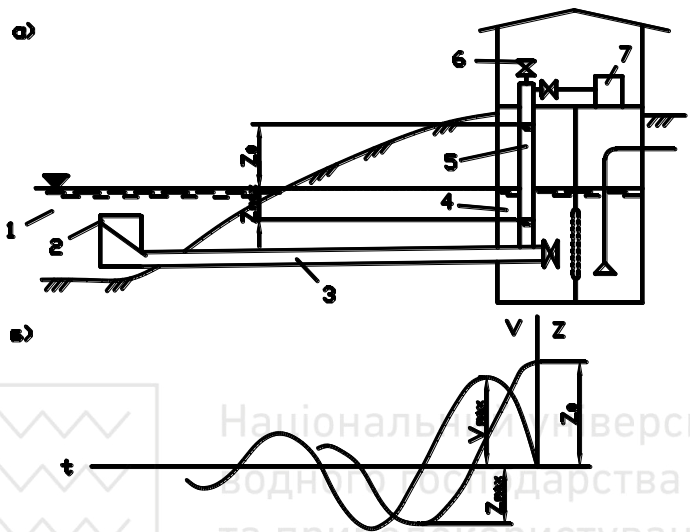


Рис. 2.3. Обладнання водозабору вакуум-колонами і графіки коливання в часі швидкості руху води в самопливній лінії та рівня у вакуум-колоні:

- 1 – водне джерело; 2 – водоприймач; 3 – самопливна лінія; 4 – БВСК; 5 – вакуум-колона; 6 – вентиль для зриву вакууму; 7 – вакуум-насос

Гідравлічне імпульсне промивання дозволяє поновлювати пропускну здатність самопливних ліній і водоприймачальних вікон без великої витрати води та електроенергії. Таку промивку доцільно доповнювати зворотною промивкою, яка була раніше, а тому залишають всі необхідні комунікації для проведення останньої.

При наявності замулення і корозійних відкладень на внутрішній поверхні самопливних ліній великих діаметрів, які не видаляються при гідравлічній зворотній та імпульсній промивці, вдаються до *гідропневматичного* промивання, яка здійснюється подачею стиснутого повітря у водний потік в лінії. При значній концентрації повітря у воді ($m = q_{п.атм} / q_в = 8...30$, де $q_{п.атм}$ – витрата повітря у повітряно-водяній суміші при атмосферному тиску; $q_в$ – витрата води) і відповідній зведеній швидкості руху суміші ($v_{зв} = q_в / \omega = 1...0,2$ м/с, де ω – площа внутрішнього перерізу труби) утворюється



коркохвильовий тип руху суміші, який забезпечує ударну дію хвиль потоку і ефективне руйнування відкладень у лініях. Для реалізації гідропневматичної промивки до самопливних ліній підключають повітряводи від компресорної станції або пересувних компресорів.

Підвищення стійкості роботи насосів забезпечується влаштуванням переключень між основними комунікаціями та встановленням додаткового обладнання (рис. 2.5). Влаштування привареної сталеві діафрагми 3 або плаваючого щита на вертикальній частині всмоктувальної лінії (рис. 2.5, а, г) запобігає утворенню воронки при мінімальному рівні води у всмоктувальному відділенні, а включення в схему лінії 4 гідроелеватора (рис. 2.5, а) підсилює дію всмоктувальної лінії. Підключенням 5 всмоктувальної лінії до самопливної (рис. 2.5, б) крім всього можна збільшити продуктивність водозабору, але таке підключення допускається тільки при високій якості води в джерелі (наприклад під час стійкого льодоставу).

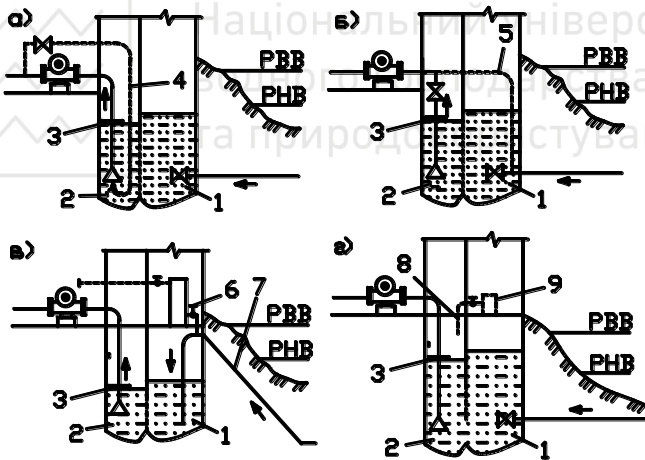


Рис. 2.5. Підвищення стійкості роботи НС-І влаштуванням переключень між комунікаціями і встановленням додаткового обладнання:

а) підключенням гідроелеватора; б) з'єднанням самопливної і всмоктувальної ліній; в) підключенням вакуум-котла; г) вакуумуванням БВСК

Вакуум-насос і вакуум-котел 6, підключені до довгих всмоктувальних та сифонних ліній (рис. 2.5, в), забезпечують видалення повітря з цих ліній і запобігають зриву вакууму у них. Для водозаборів, що проєктуються, встановлення вакуум-котла



забезпечує зменшення заглиблення сифонної лінії. Вакуумування при дії вакуум-насосу 9 всмоктувального відділення 2 (рис. 2.5, г) і підвищення таким чином мінімального рівня у цьому відділенні є можливим при надійній герметизації перекриття 8.

При реконструкції водозаборів I і II категорії *на річках з нестійкими руслами*: застосовують додаткові пересувні водозабори; розділяють водозабір на два вузли бажано з водоприймачами різного типу; включають у схему споруд ємкості, що задовольняють потребу у воді на протязі 10...100 годин можливої перерви у водоподачі; розчищають підходи до водоприймачів ґрунтовсмоктувальними установками; застосовують струмененапрямні системи для боротьби з наносами.

При заборі води з *малих річок*, що частково перемерзають взимку, доцільно замінювати оголовки на траншейні фільтруючі водоприймачі, що збирають поверхневий та підрусловий стік.

При великому вмісті у воді джерела *наносів та шуги* необхідно влаштовувати комбіновані водозабори, які містять відкриті (з вікнами, перекритими решітками) та фільтруючі водоприймальні секції. При цьому найпростішим реконструктивним рішенням для багатосекційних водозаборів є заміна решіток на водоприймальних вікнах частини відкритих секцій на фільтруючі касети.

В умовах *гірських річок* при негативній дії селевих потоків крім загальних протиерозійних заходів додатково влаштовують обвідні канали та струмененапрямні дамби; уширень ділянок русла з кріпленням укосів; споруд, що запобігають виносу донних наносів та повздовжньому і поперечному розмиву русла (напівзагати, опояски тощо); наносоутримуючих гребель та котлованів.

2.2.3. Захист водозаборів від домішок у воді

Однією з найважливіших задач інтенсифікації роботи водозаборів є підвищення якості води, що забирається з джерела, шляхом захисту водозаборів від потрапляння в них достатньо крупних домішок – наноси, сміття, шуга, гідробіонти. Для цього використовуються такі методи: профілактичні, регулювальні, відгороджувальні, реагентні, термічні.

Профільактичні методи спрямовані на запобігання розмиву потоком дна і берегів русла джерела і реалізуються шляхом розчищення, спрямлення, заглиблення або укріплення русла.



Ефективність цих методів та зменшення обсягу і вартості робіт при можливій реконструкції водозабору в значній мірі залежить від точності оцінки і прогнозування гідрологічних, гідроморфологічних та гідравлічних процесів в руслі на ділянці водозабору.

Регулювання русла для захисту водозаборів від наносів і шуги здійснюється встановленням в потоці регулювальних споруд або пристроїв (щити, дамби, шпори, прорізи), які створюють в джерелі структуру течії, сприятливу для транзитного руху домішок повз водоприймача. Прикладом таких засобів є щити М.В. Потапова (рис. 2.6), які створюють в руслі річки біля водозабору штучну поперечну циркуляцію води. При цьому поверхневі токи, звільнені від наносів, спрямовуються до водоприймача, а донні токи з наносами – вбік від нього. Заглиблення понтонів, виготовлених з листової сталі, регулюється їх заповненням водою.

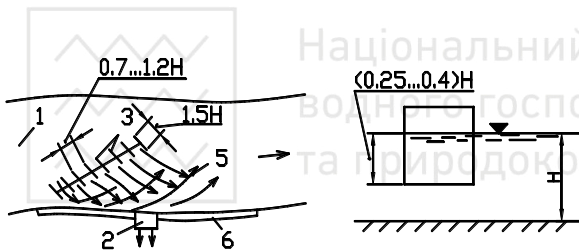


Рис. 2.6. Утворення поперечної циркуляції потоку встановленням напрямних щитів М.В.Потапова:
1 – русло річки; 2 – водоприймач; 3 – система плавучих струмененаправних щитів; 4 – поверхневі токи; 5 – донні токи з

донними наносами; 6 – кріплення берегу

Гідравлічні рибозахисні пристрої, зокрема рибозахисні жалюзі (рис. 2.7), встановлюють в підвідному каналі з рибовідвідним лотком. В цьому випадку вдовж жалюзійного ряду, встановленого під кутом до осі каналу, створюється поперечна течія, яка відносить мальків риб в рибовідвідний лоток.

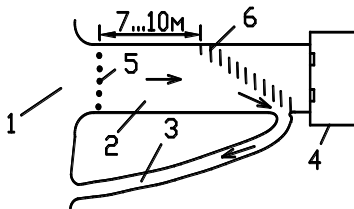


Рис. 2.7. Рибозахисний пристрій жалюзійного типу:
1 – водне джерело; 2 – підвідний канал; 3 – рибовідвідний лоток; 4 – водоприймач; 5 – сміттєзатримувальна решітка; 6 – жалюзійний ряд



Такий рибозахисний пристрій передбачає встановлення додаткової сміттєзатримувальної решітки, жалюзійного ряду (пластини шириною 7 см поставлені з прозором 3 см перпендикулярно до осі каналу) під кутом $10...20^\circ$ до осі каналу та влаштування рибовідвідного лотка шириною 15...20 см.

В і д г о р о д ж у в а л ь н і методи передбачають відгородження шарів води джерела із значною концентрацією домішок від водоприймача. Для цього застосовують відбійні козири, забральні стінки, протипланктонні екрани, шуговідбійні та рибозахисні запані (рис. 2.8).

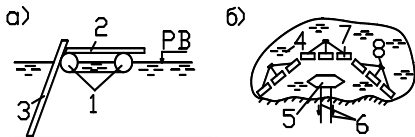


Рис. 2.8. Наплавні запані:

а) конструкція; б) схема розташування біля водоприймача: 1 – понтон з труб, заповнених повітрям; 2 – дерев'яний настил; 3 – дерев'яний щит; 4 – акваторія джерела; 5 – водоприймач; 6 – самопливні лінії; 7 – система понтонів; 8 – якоря

У випадку недовраховання в проектах або наступного порушення в джерелі гідроморфологічних та гідравлічних процесів, яке супроводжується акумуляцією наносів в місці розміщення водоприймача, при експлуатації водозаборів можуть застосовуватись гідравлічні наносозахисні трубчасті системи із соплами для розмивання наносів.

Р е а г е н т н і методи застосовують для боротьби з гідробіонтами (фіто- та зоопланктоном, біоокористувачами) і здійснюються як правило купоросуванням або хлоруванням води. Ефективним і доступним засобом упередження обростання поверхонь водозабору молюском дрейсною є введення рідкого хлору з концентрацією $0,5...1,5 \text{ мг/дм}^3$ перед водоприймальними отворами на відстані 30...40 см від сміттєзатримувальних решіток. Розмноження і розвиток личинок дрейсени припиняється при концентрації хлору у воді $0,3 \text{ мг/дм}^3$.

П р и т е р м і ч н и х методах боротьби з внутрішньоводним льодом підвищують температуру води джерела біля водоприймача скиданням в неї теплої води, підняттям стиснутим повітрям взимку прогрітих глибинних шарів, контактом з нагрітими електрострумом,



парою, водою елементами споруд (решітками). Термічні методи застосовують також для боротьби з біобрустувачами. Для цього підігріту воду подають у водоприймачі, самопливні лінії та відділення БВСК. Молюски (дрейсени і мідії) гинуть при температурі води 35...40°C.

Окремою задачею захисту водозаборів від гідробіонтів є *р и б о з а х и с т*, який розглядається в двох аспектах: *технічному*, коли запобігання потраплянню риби у водоприймач проводиться для уникнення перешкод в роботі водозабірних і очисних споруд водопроводів та *екологічному*, коли запобігання потраплянню риби (переважно рибної молоді) у водоприймач проводиться для збереження рибного поголів'я. При незабезпеченні умов будь-якого з аспектів необхідно проводити інтенсифікацію рибозахисту на водозаборі. За принципом дії на рибу РЗП поділяють на гідравлічні, фізіологічні та механічні.

При реконструкції водозабору тип РЗП обирають на підставі додаткових іхтіологічних і гідравлічних досліджень та за досвідом експлуатації водозаборів на аналогічних водних джерелах при аналогічному видовому складі риби. В даний час немає універсального РЗП і ефективність дії кожного з них є суто вибірковою. Тому при великому видовому складі риби та низькому коефіцієнті рибозахисту, визначеному при експлуатації на водозаборах певного типу РЗП, доцільно проводити реконструкцію водозаборів з встановленням *комплексних рибозахисних систем*, в склад яких входять різні типи РЗП.

В деяких випадках рибозахисту сприяє сама конструкція водозабору (фільтруючий або інфільтраційний водозабір) або обмеження швидкості втікання води у водоприймальне вікно. Тому в разі одночасної інтенсифікації рибозахисту і шугозахисту доцільним варіантом реконструкції водозабору може бути переобладнання відкритих секцій водоприймача на фільтруючі, наприклад із заміною решіток на водоприймальних вікнах касетами.

2.2.4. Попереднє механічне очищення води на водозаборах

Для систем господарсько-питного водопостачання механічне очищення води на водозаборах є попередньою стадією поліпшення якості води, що подається споживачам. При механічному очищенні води на водозаборах з неї вилучаються включення мінерального



походження (глинисті та піщані частки), органічного походження (залишки рослин, тварин, злаків, кислоти, нафтопродукти), гідробіонти, кристали внутрішньоводного льоду. За розміром затримуються включення від грубодисперсних часток і частково навіть колоїдних суспензій (< 0.1 мкм) до крупних плаваючих тіл.

Механічне очищення води на водозаборах здійснюється відстоюванням, сепаруванням, фільтруванням. При необхідності підвищити ступінь очищення води при її забиранні під час реконструкції водозаборів в їх технологічну схему включають *водозабірно-очисні споруди і пристрої*, здатні суміщати технології забирання та очищення води.

Додаткове в і д с т о ю в а н н я при заборі річкової води можна передбачити *заплавними водоймищами*, що живляться водою, яка інфільтрується з річки. Таке водосховище поповнюється з річки спеціальним тунелем. Специфічне планове розташування випусків води у водосховище і водоприймачів приводить до появи в джерелі структури течії, яка сприяє скорішому осадженню наносів. Таку схему забирання води можна прийняти при реконструкції водозабору на малій річці, яка транспортує значну кількість наносів.

Інтенсифікувати осадження завислих твердих часток перед водоприймачем можна також включенням в технологічну схему водозаборів *підвідних каналів та ковшів*, на яких ефект прояснення води від грубодисперсної зависі (розмір часток $0,01 \dots 1,0$ мм) сягає $60 \dots 70$ %. Рентабельність технологічних схем водозаборів з підвідними каналами та водоприймальними ковшами підвищується при їх багатофункціональному використанні (прояснення води, затримання шуги, збільшення глибини перед водоприймачем).

При розширенні водозабору і для попередньої підготовки висококаламутних вод можна застосовувати плавучий водозабір-відстійник конструкції АЗНДІВП (рис. 2.14).

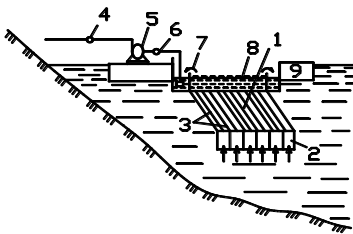


Рис. 2.14. Плавучий водозабір – відстійник:

1 – обійма тонкошарових елементів; 2 – чарункова решітка; 3 – тонкошарові елементи; 5 – плавуча насосна станція; 6 – гнучке з'єднання; 7 – карман для збирання проясненої води; 8 – водозбірні жолоби; 9 – приймальне відділення; 10 – понтон



Насос 5 забирає воду з карману 7, в результаті чого рівень води в приймальному відділенні 9 знижується і вода з річки проходить через чарунки решітки 2 в тонкошарові елементи 3, а з них – в приймальне відділення. Чарунки забезпечують рівномірний ламінарний режим входу води. Швидкість сходження потоку в трубах або між пластинками тонкошарових елементів не перевищує 0,01 м/с, питоме навантаження на 1 м² площі відстійника допускається до 40 м³/(год·м²).

Тонкошарові елементи виконані з паралельних трубок діаметром 40...100 мм або пластин з полівінілхлориду або поліетилену, розташованих під кутом 45...60° до горизонту. Довжина трубок становить 12...15 діаметрів, висота чарункової решітки – 0,25...0,3 м, розмір чарунок – 0,3x0,3 м. Відстань від низу решітки до дна водного джерела в місці роботи водозабору повинна бути не менше 1,2 м. Решітка крім забезпечення ламінарного режиму підходу води до відстійника запобігає надходженню в нього сміття. Затримані відстійником частки зависі уносяться транзитною течією в ручці або поступово осаджуються на дно в зоні роботи водозабору. Для рівномірного збирання води жолобами відстань між верхом тонкошарових елементів та низом трикутних водозливних вирізів в жолобах повинна бути 35...50 см. При роботі насосу різниця відміток рівнів води в джерелі та в збірному кармані становить 5...10 см.

Подібні плавучі водозабори-відстійники можна створювати на базі звичайних плавучих водозаборів, які при цьому мають бути дообладнані приймальним відділенням з водозбірними жолобами та блоком тонкошарових елементів з чарунковою решіткою.

Процес с е п а р у в а н н я в *гідроциклонах* здійснюється під дією різниці значень відцентрової сили для твердої та рідкої фази, що виникає внаслідок інтенсивного обертання маси води при її тангенційному підведенні.

На водозаборах застосовують переважно гідроциклони вакуумного типу, які встановлюють з підключенням до всмоктувальних ліній насосів (рис.2.15), що запобігає абразивному зношенню робочих органів насосів. Рух води через гідроциклон за такою схемою забезпечується дією різниці тисків в джерелі і всмоктувальній лінії.

Вода до гідроциклону подається через тангенційно розташовану



підвідну лінію 3. При обертанні об'єму рідини відбувається швидке переміщення часток зависі (достатньо густих і великих) від центру до периферії. Пересування твердих часток до стінки апарата відбувається з швидкістю руху води, що дорівнює різниці між швидкістю, яка виникає під дією відцентрової сили, і радіальною швидкістю до центру. Частки, відкинуті до стінки гідроциклону, сповзають по ній в конічне днище, з якого видаляються через водовипуск. Останньому сприяє дія ежектуючого струменя в гідроелеваторі 5. Прояснена вода відводиться з центру корпусу через коаксіально розташований зливний патрубок, підключений до всмоктувальної лінії насосу 6.

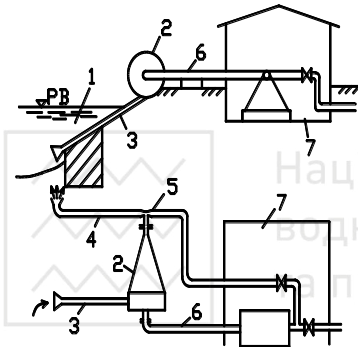


Рис. 2.15. Принципова схема встановлення гідроциклону на водозаборі:

1 – джерело; 2 – гідроциклон; 3 – підвідна лінія; 4 – пульповід; 5 – гідроелеватор; 6 – всмоктувальна лінія; 7 – НС-I

В гідроциклоні забезпечується видалення піску та інших мінеральних часток з $d > 0.1 \dots 0.15$ мм густиною $\rho \geq 1.2$ г/см³. Як водоочисний пристрій в порівнянні з відстійниками гідроциклони мають такі переваги: при однаковому ефекті очищення води питома продуктивність гідроциклонів (продуктивність, віднесена до площі робочої частини) є значно більшою; видалення шламу з гідроциклонів відбувається одночасно з проясненням води і не потребує спеціального обладнання; ефект прояснення збільшується із збільшенням навантаження по воді, що дозволяє обходитись без резервування на випадок ремонту. В порівнянні з обертовими та барабанними водоочисними сітками гідроциклони не мають частин, що обертаються. Але при використанні гідроциклонів слід мати на увазі, що вони ефективно затримують тільки частки, густина яких перевищує густина води. Також треба зважати на достатньо велику енергоємність гідроциклонів (знижується продуктивність НС-I за



рахунок витрати води з пульпою та забезпечення роботи гідроелеватора, на який витрачається 3...6% продуктивності установки).

Встановленням гідроциклонів можна інтенсифікувати процес прояснення води з великим вмістом твердих мінеральних часток на водозаборах значної продуктивності в системах виробничого або сільськогосподарського водопостачання.

Фільтрування води на водозаборах здійснюється шляхом пропускання її крізь сміттєзатримувальні решітки та сітки різних конструкцій, в тому числі рибозахисні, перфоровані щити та сита, фільтри з робочим органом у вигляді тканини або штучного насипного та монолітного поруватого матеріалів, шар природного ґрунту.

Засоби фільтрування є найбільш досконалими засобами захисту водозаборів від домішок у воді, та крім попереднього механічного очищення води (сміттєзатримування) можуть забезпечувати ефективний рибозахист. У легких природних умовах забирання води домішки розміром > 2 мм можна з успіхом затримувати на рибозахисних сітках. Водоочисні сітки, що встановлюються в БВСК (стрічкові обертові та барабанні, що влаштовують за принципом мікрофільтрів), затримують домішки розміром $> 0,5$ мм, а мікрофільтри – домішки розміром > 25 мкм. Останні забезпечують затримання 60...95 % синьо-зелених водоростей та ефект прояснення води від грубодисперсної зависі 40...60 %.

У важких природних умовах забирання води здійснюють її фільтрування шляхом пропускання через штучний або природний поруватий матеріал в технологічних схемах фільтруючих, комбінованих та інфільтраційних водозаборів. Аналіз принципів рішень таких водозаборів дає можливість обрати прийнятний варіант для конкретних умов проектування або реконструкції водозабору при необхідності поліпшення якості води, що забирається.

Фільтруючі водозабори – частіше руслові водозабори, в склад зрубних, розтрубних, пальових, бункерних або насипних оголовків яких входить рване або округле каміння, щебінь, галька, гравій, пінополістирол та інший фільтруючий матеріал з крупністю гранул $\geq 3...6$ мм. Товщину фільтруючого шару залежно від крупності часток приймають 5...10-кратної величини найбільш крупної



фракції фільтра. Корпусні фільтруючі оголовки крім дерев'яної, бетонної або металеві оболонки і фільтру у свій склад можуть включати підтримуючі решітки і водозбірні колектори у вигляді щільних або дірчастих труб, коробів та конічних вихрових камер. Безкорпусні оголовки не мають оболонки і влаштовуються у вигляді насипних фільтруючих дамб або засипних фільтруючих траншей. Конструкція оголовка визначається умовами водного джерела та продуктивністю водозабору. Для водотоків притаманні оголовки, які не порушують структуру течії, а для великих водойм – оголовки з широким водоприймальним фронтом. На річках з недостатніми глибинами застосовують донні водоприймачі з верхнім прийманням води.

Завдяки малим вхідним швидкостям (до 0,05 м/с) основним призначенням фільтруючих водоприймачів є захист водозаборів від шуги. При цьому поліпшення якості води розглядається як супутній ефект, однак на річках з різким коливанням каламутності води значення водоочисного аспекту зростає. Ефект прояснення води від грубодисперсної зависі на фільтруючих водоприймачах становить 60...80 %.

Влаштування фільтруючих оголовків в деяких випадках дозволяє інтенсифікувати процес механічного очищення води і відмовитись від встановлення в береговому колодязі водоочисних сіток. Традиційним типом фільтруючого оголовка є дамба (рис.2.16), відсипана з каміння діаметром 15...30 см навколо трубчастого водозбірного колектора, укладеного на піщану постіль.

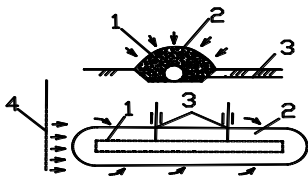


Рис. 2.16. Фільтруюча дамба

1 – водозбірний колектор у вигляді дірчастої або щільної труби; 2 – призматичний насип з каміння округлої форми; 3 – самопливні лінії; 4 – трубопровід для підведення теплої води під час шугоходу

Регенерація фільтруючого матеріалу забезпечується зворотною промивкою з витратою в 1.5...2 рази більшою за продуктивність секції водозабору, а захист каміння від обледеніння внутрішньоводним льодом – скиданням перед дамбою теплої води. Цей тип водоприймачів доцільно використовувати за межами



прибійної зони при незначній міграції наносів на водоймищних водозаборах великої продуктивності.

Реконструкція руслового водоймищного водозабору із заміною трубчастого розтрубного водоприймача відкритого типу на даний тип водоприймача має проводитись в акваторії джерела з водопониженням під захистом перемичок і включатиме: видалення трубчастих стояків з конічними розтрубами, подовження траншеї з відсипанням постілі, прокладання перфорованого колектора, відсипання фільтруючого шару, підключення до колектора самопливних ліній. Великий обсяг і складність робіт робить таку реконструкцію доцільною лише при ретельному техніко-економічному обґрунтуванні.

Значно простішим є переобладнання руслових та берегових водозаборів із заміною сміттєзатримувальних решіток в пазах водоприймальних вікон на фільтруючі касети – решітчасті та сітчасті призматичні оболонки з лінійними розмірами 1...2 м, заповнені насипним фільтруючим матеріалом з розміром часток до 25 мм, або жорсткі водонепроникні плити з пакету дерев'яних рейок (як варіант - з монолітного поруватого матеріалу). Касети руслових водозаборів регенеруються при комбінованій (імпульсній та зворотній) гідравлічній промивці, а касети берегових водозаборів – при їх піднятті на балкон службового павільйону. При товщині касети більшій за конструктивну товщину рамки решітки реконструкція вимагатиме й заміну пазів на водоприймальних вікнах.

На водозаборах незначної продуктивності (1...2 тис. м³/доб) може бути рекомендоване суміщення берегового колодезя з водоочисним піщаним фільтром (рис.2.17).

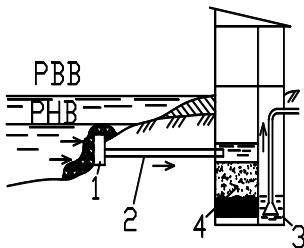


Рис. 2.17. Принципова схема водозабору з розміщенням піщаного фільтра в береговому колодезі:

1 – фільтруючий оголовок; 2 – самопливна лінія; 3 – береговий колодезь; 4 – піщаний фільтр



Вода, що надходить в береговий колодязь, фільтрується через піщану засипку та підтримуючі гравійні шари в його приймальному відділенні і потім через підфільтровий простір потрапляє у всмоктувальне відділення або (при суміщеному компонуванні водозабору) безпосередньо у всмоктувальну лінію насосу. Засипка промивається зворотним током води, яка відводиться в джерело самопливом або відкачується спеціальним насосом. Для секційних водозаборів промивка фільтрів в секціях проводиться по черзі без зупинки роботи водозабору. Площу кожної секції приймального відділення колодязя рекомендується приймати не більше 4 м^2 .

При реконструкції руслового водозабору переобладнання традиційного БВСК у береговий фільтруючий колодязь включає: заробку і замонолічування перепускних вікон, встановлення дренажної системи під фільтр (підтримуюча решітка у вигляді плити з дренажними ковпачками), влаштування перепусків для проясненої води з підфільтрового простору до всмоктувального відділення, відсіпання підтримуючих гравійних шарів та піщаної засипки, можливе встановлення в службовому павільйоні спеціального насосу. Облаштування фільтруючого оголовка водозабору здійснюється під захистом перемичок при низькому рівні в джерелі.

Водозабірно-очисні споруди з плаваючою фільтруючою засипкою являють собою *оголовки-фільтри* циліндричної форми, які встановлюють на берегових і руслових водозаборах.

При безреагентному проясненні води джерела, яка містить завислі речовини з розміром часток $\geq 0,1 \text{ мм}$ (кора, листя, трава, пісок) та концентрацією до $300 \dots 500 \text{ мг/дм}^3$, ефект прояснення може сягати $35 \dots 70 \%$ при швидкості фільтрування через засипку 30 м/год . При діаметрі гранул пінополістиролу $2 \dots 4 \text{ мм}$ мінімальний шар засипки має становити $0,5 \dots 0,6 \text{ м}$. Для безреагентної підготовки води питної якості на водозаборах товщина плаваючої засипки повинна бути $0,7 \dots 1,2 \text{ м}$ при концентрації завислих речовин до 500 мг/дм^3 та середній швидкості фільтрування до 3 м/год . При інтенсивності промивки фільтруючого оголовка зворотним током води $15 \dots 20 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ та тривалості промивки 5 хв відносно розширення засипки становить $10 \dots 15 \%$.



Можливе рішення берегового водозабору із застосуванням плаваючої фільтруючої засипки, при якому забезпечується безперервна робота водозабору та відпадає необхідність в пристрої для промивки засипки, наведене на рис.2.18.

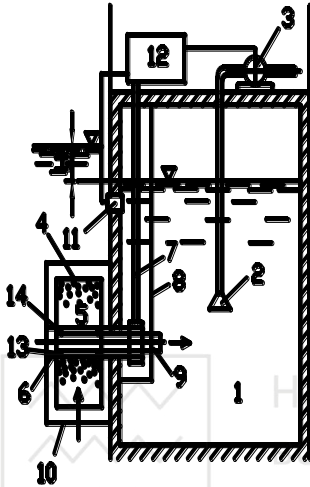


Рис. 2.18. Береговий водозабір із сітчастою ємністю, заповненою плаваючою фільтруючою засипкою:

1 – приймально-всмоктувальна камера; 2 – приймальний клапан; 3 – насос; 4 – ємність у вигляді сітчастого барабана; 5 – плаваюча фільтруюча засипка; 6 – рухома горизонтальна труба; 7 – привід; 8 – корпус; 9 – нерухома водоприймальна труба; 10 – сміттєзатримувальна решітка; 11 – датчики перепаду рівнів; 12 – блок керування; 13, 14 – перегородки

Плаваюча засипка 5 частково заповнює кожну секцію, на якій сітчастий барабан 4 поділено перегородками 13,14. Рухома труба 6, що зв'язана кінематично з поворотним механізмом та конструктивно з барабаном, в місці контакту із засипкою має сітчасту поверхню. Нерухома водоприймальна труба 9, кінець якої виведено в приймально-всмоктувальну камеру 1, має отвори у своїй нижній частині. Таким чином при певній фіксованій позиції труби 6 гідравлічний зв'язок між приймально-всмоктувальною камерою і водним джерелом встановлюється лише через нижню секцію барабана, в межах якої плаваюча засипка контактує із сітчастою трубою.

При роботі насосу 3 забезпечується рух води через решітку 10, сітку барабана, засипку та по трубі 9 в камеру 1. Після поступового вичерпання брудомісткості засипки та досягненні граничної різниці рівнів H в джерелі і камері датчики перепаду рівнів 11 надсилають сигнал на блок керування 12 і спеціальний пристрій повертає сітчастий барабан в нове фіксоване положення. При цьому гідравлічний зв'язок між камерою та джерелом встановлюється вже



через іншу секцію барабана з незабрудненим шаром засипки. Звільнення засипки від затриманих забруднень здійснюється при контакті «неробочих» секцій з водним джерелом.

Реконструкція за наведеною схемою традиційного берегового водозабору з розміщенням насосів в НС-І може звестись до встановлення в лобових частинах секцій БВСК датчиків перепаду рівнів, водоприймальних труб та рухомих горизонтальних труб із сітчастими барабанами з плаваючою засипкою, закріплення навколо барабанів циліндричних решіток, обладнання всередині БВСК корпусів поворотних механізмів з приводами, встановлення в службовому павільйоні блоку керування, прокладання та підключення необхідних комунікацій. При цьому водоприймальні вікна водозаборів, що реконструюються, під час прийняття води через сітчасті барабани можуть бути перекриті затворами а плоскі сітки у БВСК підняті з перепускних вікон в службові павільйони. В період кращої якості води в джерелі водозабори можуть робити за традиційними схемами при закритті спеціальних засувок на кінцях водоприймальних труб.

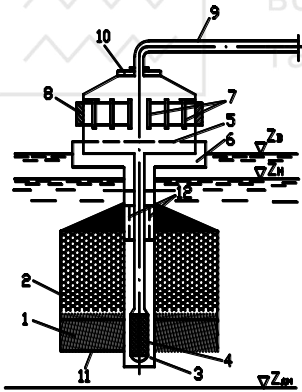


Рис. 2.19. Водозабірно-очисний комплекс з тонкошаровим відстійником, фільтром, напірним резервуаром та бактерицидною установкою:

1 – тонкошаровий відстійник; 2 – фільтр з плаваючою засипкою; 3 – приймальна камера фільтрату; 4 – заглиблений електронасос; 5 – напірний резервуар чистої води; 6 – понтонна платформа; 7 – бактерицидна установка; 8 – автоматична станція керування; 9 – напірний водовід; 10 – знімна кришка резервуара; 11 – сітка; 12 – перфорована поверхня з отворами

На рис.2.19 наведена схема комбінованого водозабірно-очисного комплексу з тонкошаровим відстійником, фільтром, напірним резервуаром та бактерицидною установкою, який забезпечує глибоку підготовку води. За сигналом від реле часу станції 8 включається насос 4, який забезпечує рух води через сітку 11, відстійник 1 та фільтр 2. Прояснена вода через отвори перфорованої поверхні 12 надходить в камеру 3 і далі насосом 4 подається в



резервуар 5, де підлягає знезараженню лампами бактерицидної установки 7. Під залишковим напором прояснена і знезаражена вода по водоводу 9 надходить у водопровідну мережу споживачів або у водонапірну башту.

Після закінчення фільтроциклу із заданою тривалістю реле часу подає команду на одночасне відключення електронасосу і бактерицидної установки на 5...6 хв. Внаслідок перевищення тиску води всередині напірного резервуара над тиском в джерелі вода з резервуара та мережі надходить в камеру 3, а звідти через отвори у верхню частину фільтра. При русі зверху до низу вода розширює плаваючу засипку, одночасно вимиваючи забруднення із засипки, відстійника та сітки у водотік. На період відключення насоса вода споживачам подається з баку водонапірної башти. Включення в роботу насоса і бактерицидної установки відбувається за сигналом реле. Продуктивність водозабору і надійність його роботи можна регулювати кількістю водозабірно-очисних насосних блоків, що підключаються до одного резервуара.

На *інфільтраційних* водозаборах вода фільтрується через природний шар ґрунту в дні русла або берегах та заплаві водного джерела. Наявність у воді поверхневого джерела розчиненого кисню і аеробної мікрофлори при стабільній температурі та малій швидкості фільтрації приводить до виникнення на поверхні фільтруючого шару біоплівки, на якій відбувається окислення і мінералізація органічних речовин. Тобто при роботі інфільтраційних водозаборів крім механічного очищення води відбувається її біологічне очищення. Доцільність застосування таких водозаборів підвищується у складних умовах забирання води (важкі наносні або шугольодові умови, недостатня для розміщення водоприймального оголовка глибина в джерелі). Відмова при реконструкції водозабору від варіанту фільтруючого на користь варіанту інфільтраційного в ряді випадків може спростити схему споруд, скоротити витрати матеріалів та електроенергії, збільшити продуктивність водозабору, забезпечити забирання води в умовах малої глибини в джерелі.



2.2.5. Компактні сітчасті установки на водозаборах

Для забезпечення екологічного рибозахисту розроблені компактні сітчасті установки, зокрема конусні сітчасті фільтри (КСФ) і сітчасті барабани (СБ). У цих установках забезпечується відносний рух сітчастого полотна і промивного пристрою, затоплені струмені якого відштовхують від сітки частки забруднень і мальків, не травмуючи останніх. Компактність, простота конструкції та нескладність автоматизації роботи дозволяють ефективно використовувати компактні сітчасті установки для рибозахисту і механічного очищення води на водозаборах в легких природних умовах забирання води при відсутності в джерелі в різні періоди року внутрішньоводного льоду та водної рослинності.

Дві принципові конструкції КСФ – з рухом сітчастого полотна та з рухом промивного пристрою – наведені на рис. 2.21. У першому випадку (рис.2.21, а) обертання сітчастого полотна, закріпленого у підшипниках 3,5 на осі самопливної лінії, забезпечується від лопатевого гвинта 10, який рухається потоком води в трубопроводі. Затоплені струмені, що витікають з нерухомого промивного пристрою (флейти) 9, відштовхують затриманих сіткою мальків і забруднення у центральну зону потоку, яким вони транспортуються у відвід 7 і далі, завдяки дії ежектору, – в рибовідвідну лінію до джерела.

У другому випадку (рис. 2.21, б) конусна сітка жорстко закріплена по осі самопливної лінії вершиною проти течії у ній. На осі 6 всередині сітки у двох підшипниках 5,7 закріплена V-подібна промивна флейта 4. Обертання флейти відбувається за принципом сегнерова колеса при надходженні води від промивного трубопроводу 8 і витіканні її у вигляді затоплених струменів з отворів або насадок на плечах флейти. Затоплені струмені відштовхують від зовнішньої поверхні сітки затримані забруднення і мальків у периферійну зону трубопроводу, звідки вони потрапляють у відвід 10.

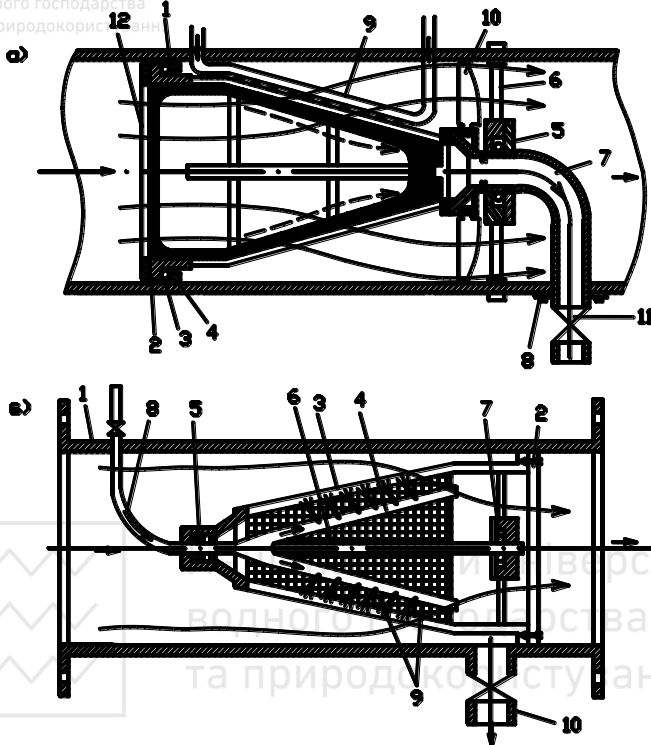


Рис. 2.21. Принципові конструкції КСФ:

а) з внутрішнім підведенням води: 1 – трубчастий кожух; 2 – обід більшої основи; 3,5 – підшипники; 4 – опірне кільце; 6 – хрестовина; 7 – відвід; 8 – фланець; 9 – флейта; 10 – лопатевий гвинт; 11 – засувка; б) із зовнішнім підведенням води: 1 – трубчастий кожух; 2 – опірне кільце; 3 – твірні конуса; 4 – V-подібна флейта; 5,7 – підшипники; 6 – вісь; 8 – трубопровід для підведення промивної води; 9 – сопла; 10 – відвід

Схема розміщення КСФ на самопливних лініях водозабору наведена на рис. 2.22. Реконструкція руслових водозаборів при встановленні на них КСФ передбачає вскриття ділянки самопливних ліній і влаштування камери, почергову заміну відрізків ліній на вставки з кожухами КСФ та арматурою, прокладання і підключення до КСФ допоміжних трубопроводів.

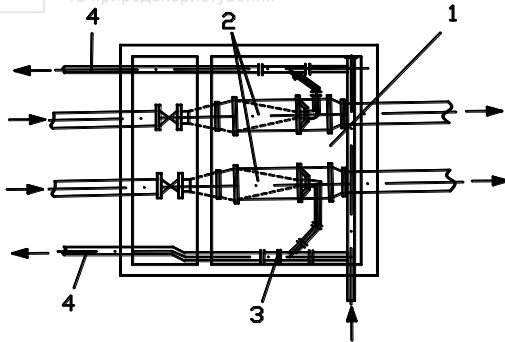


Рис. 2. 22. Планова схема розміщення КСФ самопливних лініях:
1 – камера сіток; 2 – КСФ;
3 – водокільцевий ежектор;
4 – рибовідвідні лінії

Розміщення КСФ на самопливних лініях в спеціальних сіткових камерах обумовлює їх захищеність та незалежність роботи від режиму водного джерела. Певним недоліком КСФ є відносна складність відведення від них затриманих забруднень і мальків та їх повернення в джерело.

Сітчасті барабани встановлюються безпосередньо у водотоках на вході у всмоктувальні лінії насосів, в пазових конструкціях водоприймачів та на оголовках з верхнім або нижнім прийманням води. Затоплені струмені, що витікають з отворів флейти, для надійного видалення мальків і забруднень від сітки мають їх спрямовувати у транзитну течію в джерелі. На рис. 2.23 наведені СБ з різним принципом взаємного руху флейти і сітчастого полотна.

За одним з варіантів (рис.2.23, а) сітчастий барабан 5 закріплено в підшипниках 6 на одній осі з лопатевим гвинтом 3. Гвинт встановлено у вхідному патрубку 4 всмоктувальної або самопливної лінії 1 водозабору. Потік води, що надходить в лінію, обертає гвинт і разом з ним сітчасте полотно. Підп'ятник 8 забезпечує горизонтальне положення торця 7 барабана. У флейту 10, жорстко закріплену на опорному диску 2 та лапах 11, вода подається по гнучкому рукаву від трубопроводу подачі промивної води.

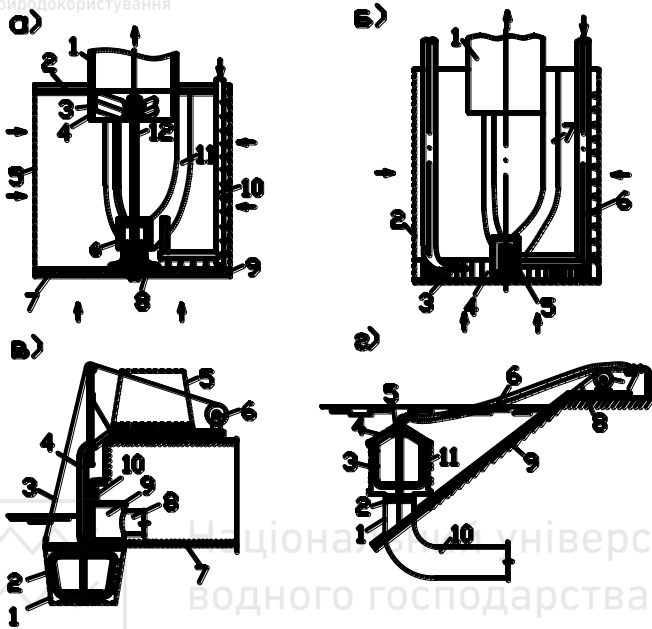


Рис. 2.23. Конструкції СБ:

а) з приводом від лопатевого гвинта; б) з приводом від турбінки; в) струменереактивний конструкції Південдніпроводгоспу: 1 – СБ; 2 – рухома флейта; 3 – трос; 4 – напрямні; 5 – СБ у піднятому стані; 6 – лебідка; 7 – плавуча НС; 8 – відвід води; 9 – приймальний короб; 10 – гнучкий рукав; г) струменереактивний конструкції Укрдніпроводгоспу (ССФ): 1 – опірний патрубок; 2,5 – підшипники; 3 – СБ; 4 – кришка; 6 – гнучкий рукав; 7 – лебідка, 8 – трос; 9 – напрямні; 10 – лінія; 11 – рухома флейта

На рис. 2.23, б наведена схема СБ, де сітчасте полотно 2 обертається радіальною турбінкою 4. Турбінка рухається в підшипниках 5 струменем води із сопла 3 на кінці промивного трубопроводу. Лапи 7, жорстко закріплені на входному патрубку та опорному диску, утримують нерухому флейту 6. Є варіанти вищенаведених конструкцій з нерухомим сітчастим барабаном та рухомою флейтою а також конструкції СБ з електромеханічним рухом флейти. Найбільш простим є рух Ф-подібної флейти у двох підшипниках за принципом сегнерова колеса, тобто *струменереактивний* рух. На рис. 2.23, в та 2.23, г наведені схеми струменереактивних СБ відповідно при їх встановленні на плавучій



НС та на кінці лінії водозабору на укосі каналу. В останньому випадку сітчастий барабан (ССФ – сітчастий струменереактивний фільтр) для ревізії та ремонту піднімається трособлочною системою на брівку каналу по спеціальних напрямних швелерах, закріплених на укосі.

Склад реконструкції водозаборів з встановленням СБ залежить від схеми їх встановлення. При встановленні СБ на кінцях всмоктувальних ліній НС здійснюється проста заміна циліндричної або плоскої решітки на компакту сітчасту установку з наступним підключенням до неї необхідних комунікацій. При встановленні ССФ на укосі каналу додатково прокладають на забетонованому укосі напрямні швелери та встановлюють на брівці каналу лебідку. Найскладнішою є реконструкція з встановленням ССФ на водоприймальному оголовку руслового водозабору, яка потребує заміни пальового оголовка на бункерний, прокладання до нього промивних ліній, встановлення фільтрів з наплавних засобів в робоче положення та їх підключення до промивних ліній гнучкими рукавами.

При проектуванні ССФ задаються деякими швидкісними та конструктивними параметрами і розраховують інші конструктивні та енергетичні параметри. До вихідних конструктивних параметрів ССФ відносять: параметри сітки (розмір вічка a , діаметр дроту b , коефіцієнт живого перерізу c); діаметр отворів на плечах флейти d_o ($d_o = 0.003 \dots 0.007$ м); крок отворів на плечах флейти t ($t = 0,03 \dots 0,05$ м); кількість плеч флейти z ($z = 2 \dots 4$). Значення a приймається за вимогою ступеня попереднього механічного очищення води на водозаборі або за вимогою ступеня рибозахисту. Обрана за значенням a стандартна сітка визначає й розмір b . Коефіцієнт живого перерізу сітки визначається за формулою

$$c = \left(\frac{a}{a+b} \right)^2. \quad (2.12)$$

До вихідних швидкісних параметрів ССФ відносять прийняту швидкість втікання води у сітку v_c ($v_c = 0,1 \dots 0,3$ м/с), частоту обертання флейти ω ($\omega = 0,2 \dots 0,4$ с⁻¹) та швидкість руху води всередині флейти v_ϕ ($v_\phi = 3 \dots 5$ м/с).

При проектуванні ССФ як для рибозахисту, так і для попереднього механічного очищення води визначають їх основні

геометричні розміри. Діаметр і висоту ССФ визначають за формулою, м

$$D_c = h_c = \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot v_c \cdot c}}, \quad (2.13)$$

де Q – витрати, що проходить через фільтр, м³/с.

Діаметр труб флейти та її конструктивний радіус визначають відповідно за формулами, м

$$d_\phi = 1,129 \sqrt{\frac{q}{v_\phi}}, \quad (2.14)$$

$$R_\phi = 0,5D_c - \Delta - 0,5d_\phi, \quad (2.15)$$

де q – витрата в промивній системі ССФ, м³/с;

Δ – відстань між флейтою і сіткою ($\Delta = 2.5 t$).

Витрата q визначається залежно від прийнятого напору H в промивній системі за формулою, м³/с

$$q = 2,356 \frac{d_o^2 \cdot z \cdot h_c}{t} \sqrt{H}, \quad (2.16)$$

У випадку цільового застосування ССФ як рибозахисного пристрою параметри сітки обирають з врахуванням забезпечення затримання мальків із заданою довжиною тіла (таблиця 2.5), а швидкість v_c залежно від мінімальної розрахункової швидкості води у водотоці (за досвідом проектування ССФ при $v_{p.min} \leq 0,4$ м/с $v_c = 0,1 \dots 0,2$ м/с, при значенні $v_{p.min} > 0,4$ м/с $v_c = 0,2 \dots 0,3$ м/с).

Сукупний підбір вихідних конструктивних та швидкісних параметрів при проектуванні ССФ має забезпечувати екологічний аспект рибозахисту, тобто нетравмування мальків при їх відведенні затопленими струменями, що витікають з отворів флейти, в зону транзитної течії навколо ССФ. При цьому напір в промивній системі фільтрів на виході з отворів H (один з енергетичних параметрів ССФ) має відповідати умові, м

$$H_{min} \leq H \leq H_{pz}, \quad (2.17)$$

де H_{pz} – максимально припустимий напір в промивній системі ССФ, при якому забезпечується нетравмуючий контакт струменів флейти з мальками, м (таблиця 2.6);



H_{\min} – мінімально припустимий напір в промивній системі ССФ, який забезпечує відведення мальків в зону транзитної течії навколо ССФ.

Таблиця 2.5

Параметри сітки ССФ при рибозахисті

Довжина тіла малька l , мм	Розмір вічка сітки в світу a , мм	Діаметр дроту сітки b , мм	Коефіцієнт живого пере-різу сітки, c
ікринки	0,5	0,22	0,48
≤ 15	1	0,35	0,55
15...30	2	0,5	0,64
> 30	4	0,8	0,69

Таблиця 2.6

Живлювачі промивної системи ССФ

Q , м ³ /с	Марка насоса		H_{pz} , м
	Низьконапірний	Високонапірний	
0,05	Д 200-36	Д 200-95	33
0,1	Д 630-90	Д 500-65	35
0,2	Д 800-57	Д 630-90	37
0,5	Д 2500-62	Д 2000-100	38

Мінімально припустимий напір H_{\min} в промивній системі ССФ визначається за формулою, м

$$H_{\min} = 0,088 \left(\frac{S_{\min} \cdot \omega \cdot D_c}{k_c \cdot k_{\Delta} \cdot k_n \cdot d_o} \right)^2, \quad (2.18)$$

де S_{\min} – мінімальна дальність плавного віддалення мальків від сітки, яка визначається за відомостями про відстань від сітки до транзитної течії у водотоці, м;

k_c , k_{Δ} , k_n – коефіцієнти, які враховують вплив відповідно густини сітки, відстані від флейти до сітки, повноти епюри промивних струменів в створі сітки та які визначаються за формулами:

$$k_c = 1,33 c, \quad (2.19)$$

$$k_{\Delta} = 1 - 3,1 \Delta, \quad (2.20)$$



$$k_n = 1,05 \exp \left(\frac{0,55}{0,55 - \frac{\Delta + 2,5d_o}{t}} \right). \quad (2.21)$$

Приклад 4. Визначити основні геометричні розміри, а також напір та витрату в промивній системі рибозахисного ССФ, який після реконструкції двохсекційного водозабору продуктивністю $Q_{\phi} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$ передбачається встановити на його оголовку, якщо мінімальна швидкість в річці $v_{p,\min} = 0,45 \text{ м/с}$; в період скату рибної молоді підлягають захисту мальки з довжиною тіла $l = 20 \text{ мм}$; за даними оціночних спостережень найбільша відстань від сітки до транзитної течії в річці в цей період становить $S_{mp} = 12 \text{ см}$; засміченість води в джерелі відповідає легким умовам її забирання.

Конструктивні параметри сітки, прийняті за таблицею 2.5 залежно від розміру мальків, становлять: розмір вічка сітки в світу $a = 2 \text{ мм}$, діаметр дроту сітки $b = 0,55 \text{ мм}$, коефіцієнт живого перерізу сітки $c = 0,64$.

При значенні $v_{p,\min} = 0,45 \text{ м/с}$ приймаємо швидкість втікання води в сітку $v_c = 0,3 \text{ м/с}$. За формулою (2.13) визначаємо діаметр і висоту фільтра за умови обслуговування ним секції водозабору $D_c = h_c = \sqrt{1/0,3 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,64} = 0,91 \text{ м}$.

Приймаємо значення параметрів промивної системи: крок отворів на флейті $t = 0,05 \text{ м}$; відстань від флейти до сітки $\Delta = 2,5 \cdot 0,05 = 0,125 \text{ м}$; діаметр отворів $d_o = 0,004 \text{ м}$; в умовах малої засміченості води в джерелі кількість плеч флейти можна обмежити значенням $z = 2$, а частоту обертання флейти значенням $\omega = 0,2 \text{ с}^{-1}$. За формулами (2.19)...(2.21) розраховуємо коефіцієнти $k_c = 1,33 \cdot 0,64 = 0,85$; $k_{\Delta} = 1 - 3,1 \cdot 0,125 = 0,62$;

$$k_i = 1,05 \exp \left[\frac{0,55}{0,55 - \left[\frac{0,125 + 2,5 \cdot 0,004}{0,05} \right]} \right] = 0,8.$$

Мінімально припустимий напір в промивній системі ССФ, який забезпечує відведення мальків в зону транзитної течії визначається при прийнятій мінімальній дальності плавного відведення мальків від сітки $S_{\min} = 1,1 S_{mp} = 1,1 \cdot 0,12 = 0,132 \text{ м}$ за формулою (2.18) $H_{\min} = 0,088(0,132 \cdot 0,2 \cdot 0,91 / 0,85 \cdot 0,62 \cdot 0,8 \cdot 0,004)^2 = 17,85 \text{ м}$. За таблицею 2.6 визначаємо максимально припустимий напір в промивній системі фільтра, який забезпечує екологічний аспект рибозахисту



$H_{pz} = 38$ м. З метою економічного промивання сітки ССФ приймаємо напір в його промивній системі $H = 20$ м.

Витрата в промивній системі визначається за формулою (2.16) $q = 2,356 \cdot 0,004^2 \cdot 2 \cdot 0,91 \cdot \sqrt{20} / 0,05 = 0,006$ м³/с, а діаметр труб флейти за формулою (2.14) $d_{\phi} = 1,129 \sqrt{0,006 / 5} = 0,039$ м. Для конструювання флейти приймаємо сталеві труби із зовнішнім діаметром $d_{\phi z} = 45$ мм. Тоді радіус флейти, розрахований за формулою (2.15), становить $R_{\phi} = 0,5 \cdot 0,91 - 0,125 - 0,5 \cdot 0,045 = 0,3$ м.

Контрольні запитання

1. Які основні причини зміни продуктивності підземних водозаборів?
2. Основні завдання налагодження і інтенсифікації водозабірних свердловин?
3. Що є підставою для розробки проекту на реконструкцію свердловини?
4. Які основні розділи проектно – кошторисної документації проекту на реконструкцію свердловини?
5. Які необхідні вихідні дані для складання математичної моделі водозабору?
6. Який загальний вигляд має математична модель підземного водозабору?
7. Яке основне завдання оптимізації водозабору із свердловин?
8. Які основні способи і методи відновлення продуктивності свердловин?
9. Яка мета інтенсифікації поверхневих водозаборів?
10. Опишіть основні способи підвищення продуктивності водозаборів.
11. В чому полягає суть імпульсної промивки?
12. Опишіть гідропневматичну промивку самопливних ліній.
13. Як забезпечується стійкості роботи насосних станцій першого підняття?
14. Які основні методи захисту водозаборів від потрапляння в них наносів, сміття, шуги, гідро біонтів?
15. Як забезпечується регулювання русла для захисту водозаборів від наносів і шуги?



16. Опишіть плавучий водозабір – відстійник.
17. Опишіть основні схеми реконструкції водозаборів на фільтруючі.
18. Опишіть конусні сітчасті фільтри.
19. Опишіть сітчасті барабани.





3. Інтенсифікація роботи водоочисних споруд

3.1. Цілі інтенсифікації роботи водоочисних споруд

В останні десятиліття вимоги до якості питної води підвищилися, а тому існуючі і побудовані за старими проектами споруди не завжди забезпечують високу якість очищеної води. Крім того, у деяких населених пунктах з року в рік зростає потреба у воді, в результаті доводиться збільшувати пропускну здатність, як всієї системи водопостачання, так і водоочисних споруд. Інтенсифікація роботи таких споруд полягає в збільшенні потужності водоочисних станцій, поліпшення якості очищеної води, підвищення економічної ефективності, що полягає в зниженні собівартості води, економії реагентів, матеріалів, електроенергії, обладнання. Вирішують поставлені завдання застосуванням гнучких технологічних схем очищення води; вдосконаленням роботи реагентного господарства в реагентних схемах очищення; підвищенням ефективності попередньої або першого ступеня очищення; інтенсифікацією роботи фільтрувальних споруд; використанням більш раціональних способів і споруд для дезодорації, знезалізнення, знезаражування води тощо. Перед вибором шляху інтенсифікації роботи споруд слід ретельно вивчити технічну документацію на очисні споруди, технологію очищення води на даних спорудах, організацію їх експлуатації, техніко-економічні показники, встановити будівельні дефекти і недоробки, можливість отримання матеріалів і устаткування для здійснення будівництва.

Гнучкість існуючої технологічної схеми досягається відключенням або включенням окремих споруд і устаткування при зміні якісних показників вихідної води в різні періоди року, створенням додаткових умов підвищення ефективності всього технологічного процесу. До них відносяться: влаштування споруд попередньої підготовки води, будівництво додаткових споруд і технологічних ліній, реконструкція споруд для застосування нової технології. Вибір методу по створенню гнучкості схеми залежить, в першу чергу, від масштабності завдань. При необхідності збільшення пропускну здатності споруд і підвищення ступеня очищення води в стислі терміни переважніше реконструкція споруд



з впровадженням нових технологій. Це вимагає виключення частини споруд на тривалий період, але забезпечує економію капітальних витрат. Якщо період розширення потужності станції тривалий і немає можливості відключати споруди для реконструкції, то слід передбачити будівництво додаткової технологічної лінії.

Удосконалення роботи реагентного господарства забезпечує економію коагулянтів, флокулянтів, електроенергії, трудових ресурсів. При цьому слід враховувати, що на коагуляцію суспензії впливають протяжність трубопроводів, розміри технологічних споруд, тривалість контакту реагентів і послідовність їх введення, типи реагентів та їх поєднання, навіть незначні відхилення фізико-хімічних або бактеріологічних показників води. Раціональна реагентна обробка води дозволяє підвищити ступінь її очищення. Інтенсифікація роботи окремих споруд технологічної схеми (одного відстійника, прояснювача, фільтру і т. д.) дає можливість поступово, силами обслуговуючого персоналу незначно збільшувати пропускну спроможність станції або ступінь очищення на даній споруді. Цей процес буде протікати до тих пір, поки не переобладнуються всі споруди даної схеми. У результаті отримують нову або більш гнучку технологічну схему. Спосіб інтенсифікації роботи окремих споруд вибирається з урахуванням досконалих технологій, наявного обладнання та матеріалів, їх дефіцитності і зниження собівартості води. Іноді (наприклад, при озонуванні) досягають значного поліпшення якості без зниження її собівартості – фактор якості може бути вирішальним при виборі способу інтенсифікації.

Таким чином переобладнання існуючих станцій водопідготовки при незначних капітальних вкладеннях дозволить, при необхідності, змінити технологічні схеми, підвищити продуктивність станцій і ефективність очищення природних вод.

3.2. Фактори, які слід враховувати при інтенсифікації технологічних схем

На формування фізико-хімічних і мікробіологічних показників води поверхневих джерел впливають умови живлення джерела, ґрунтово-геологічна характеристика його долини, топографічні



умови та пов'язана з ними швидкість потоку, кліматичні та інші природні і місцеві умови. В останні століття на показники води впливає діяльність людини: будівництво гребель, скидання стічних вод, використання добрив і часткове їх змивання дощами та талими водами.

Найбільш характерними показниками води, які потребують першочергового поліпшення при її підготовці для питних цілей є каламутність, кольоровість, присмаки і запахи, вміст заліза, мікробні забруднення.

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

Фракційний склад зависі, яка обумовлює каламутність, змінюється від 0,1...1,0 мм для піску і до 1...20 мкм для колоїдних часток. Різні типи поверхневих вод мають різноманітний розподіл завислих речовин за фракційним складом.

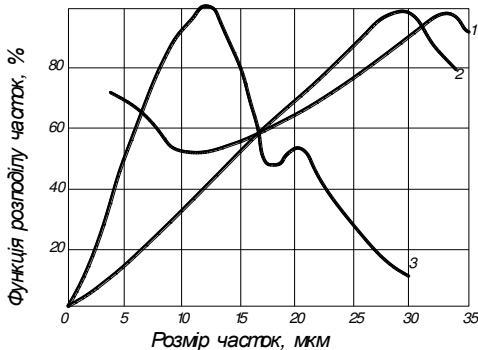


Рис. 3.1. Розподіл завислих часток за розміром:

- 1 — гірська річка при каламутності 2200 мг/л;
- 2 — рівнинна ріка в весняну повінь;
- 3 — рівнинна річка в літню межень

При розмірі часток більше 10 мкм 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...15 мг/дм³) можуть мати тільки тонкодисперсну завись, яка затримується на очисних спорудах з однаковими технологічними схемами очищення, значно гірше, ніж полідисперсна завись при каламутності води 100мг/дм³ 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 -100 мВ.

Кольоровість поверхневим водам надають звичайно гумусові речовини, які вимиваються із навколишніх ґрунтів, потрапляють із торфових болот, утворюються внаслідок розвитку й відмирання у водоймі рослинності й особливо зоо- та фітопланктону. Для більшості річок кольоровість коливається від 10 до 150 град. платино-кобальтової шкали, а для деяких невеликих річок північного та північно-західного регіону України ці показники можуть бути і вищими. В водосховищах кольоровість змінюється протягом року і залежить від місткості водосховища і його глибини. Так, в Ленінському водосховищі (Крим) кольоровість не перевищує 95 град., а в Станційному досягає 80 град, у водосховищах Дніпра кольоровість змінюється від 20 до 80 град, а в останні роки навіть досягає 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 умістом кренових кислот дуже погано знебарвлюються. В більшості вод України таких кислот міститься незначна кількість.



Присмаки й запахи з'являються у воді після штучного або природного забруднення водойми. Часто причиною виникнення запахів є масовий розвиток різноманітних грибків, водоростей (діатомових, сине-зелених та інших), поява ракушки дрейсени, особливо в 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. В більшості випадків, поверхневі води України можна віднести до малокаламутних та кольорових вод. Фітопланктон, який з'являється в багатьох водосховищах, потрапляє крізь водозабірні споруди на очисні, де погано затримується у відстійниках та прояснювачах із завислим осадом. Потрапляючи потім на швидкі фільтри, він замулює засипку, тому вона потребує частих промивок, а, іноді, повного її вивантаження й перемивання. Не на всіх водозабірних спорудах є попередня підготовка води по затриманню гілок, трісок, листя, піску, які потім потрапляють у розподільну систему споруд, погіршують їх роботу, а при довгому знаходженні там знижуються санітарні показники.

В останні роки у водойми часто потрапляють погано очищені стічні води, поверхневі води з території населених пунктів, промислових і сільськогосподарських підприємств. Таким чином, в воді джерел з'являються хімічні (погіршують органолептичні показники) і 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 (окисбензол, α – нафтол, пірокатехін), а такі, як μ – крезол, нітрофенол – санітарно-токсикологічні. На присутність фенолів вказує хлорфенольний запах води після обробки хлором. Нафта і нафтопродукти потрапляють в водойми разом із погано очищеними виробничими стоками, поверхневими стічними водами, від річкового транспорту. В водоймах господарсько-питного призначення вміст нафти й нафтопродуктів лімітується граничними концентраціями (0,05...0,3 мг/дм³). У великій кількості вони погіршують в основному органолептичні показники, але з нафтопродуктами може потрапляти тетраетил свинець, 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 водою повільними та порушують їх кисневий режим. В великих кількостях вони надають воді мильно-керосиновий запах та гіркуватий присмак. ПАР зменшують опір організму проникненню в нього токсичних речовин. Проте вони нормуються за органолептичними ознаками (гранична концентрація $0,5 \text{ мг/дм}^3$).

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

На фізико-хімічний склад підземних вод має вплив контакт та його тривалість із різними породами та ґрунтами, глибина їх залягання, роз'єднаність водоносних горизонтів, зіткнення їх з атмосферою та поверхневими водами і багато інших явищ. Підземні води характеризуються достатньо часто досить постійними і такими, що задовольняють господарсько-питне водопостачання фізичними й мікробіологічними показниками з досить різноманітними хімічними показниками, які в більшості випадків і особливо для глибинних горизонтів, не залежать від погодних умов. Найбільш стабільним і таким, що не піддається сезонним коливанням, є хімічний склад міжпластових вод. Більшість підземних вод України задовольняють діючим вимогам щодо питної води за винятком вмісту заліза.

Залізо в підземних водах може знаходитись у вигляді іонів двовалентного заліза, колоїдних органічних та неорганічних з'єднань, розчинених органічних з'єднань двох та тривалентного заліза. В водах глибинних горизонтів залізо, звичайно, знаходиться у вигляді іонів двовалентного заліза, стійкого у водних розчинах при наявності вільної вуглекислоти й відсутності окислювачів. Концентрація заліза у водах частіше буває до 5 мг/дм^3 , але є води,



особливо на півночі України, в яких концентрація заліза перевищує 10 мг/дм^3 .

Окислюваність обумовлюється наявністю органічних та деяких неорганічних домішок (залізо, сульфіти, сірководень), які окислюються певними витратами окислювача. Окислюваність буває перманганатна та біхроматна, при цьому $1 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$ відповідає $0,253 \text{ мг/дм}^3 \text{ KMnO}_4$. Артезіанські води мають окислюваність біля $2 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$. Окислюваність вод озер дорівнює $5 \dots 8 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$, річок – буває більшою за 60 мг/дм^3 . При цьому вона може суттєво змінюватись за періодами року.

Азотвмістні 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 – $0,001 \dots 0,003 \text{ мг/дм}^3$ нітратів. Підвищена їх кількість у воді, звичайно, вказує на забрудненість природних вод стічними водами. Вживання питної води з кількістю нітратів більшою за 50 мг/дм^3 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.

Кисень потрапляє в природі води найчастіше в результаті контакту їх із повітрям. В артезіанських водах кисень відсутній. Кількість розчиненого кисню в поверхневих водах залежить від температури води. Так, при нормальному тиску й температурі нуль градусів у воді може бути кисню $14,6 \text{ мг/дм}^3$, відповідно при температурі 10 градусів – $11,3$; 20 градусів – $9,1$. З одного боку кисень інтенсифікує корозію металів, а з другого боку, різке зниження кисню вказує на забруднення води.

Вуглекислота є в поверхневих водах в кількості до 30 мг/дм^3 і до сотень мг/дм^3 у підземних водах. В залежності від водневого показника вуглекислота може бути вільною (газ CO_2), напівзв'язаною у вигляді бікарбонат іонів, зв'язаною у вигляді карбонатіонів. В підземних водах вільна вуглекислота може з'являтися в результаті розкладу органічних речовин або біохімічних процесів. При pH менше $4,5$ у воді є тільки вільна вуглекислота, при $pH = 8,4$



вуглекислота у вигляді бікарбонатіонів, при pH більше 10,5 в воді є тільки карбонатіони. Різні форми вуглекислоти звичайно, пов'язані динамічною вуглекислотою рівновагою. Частина вільної вуглекислоти знаходиться в рівновазі з гідрокарбонат іонами. Надлишкова вільна вуглекислота в протилежність рівноважній дуже агресивна. Проте частина її використовується на перевід карбонатів в бікарбонати і утримання утворених гідрокарбонат іонів. В цілому гідрокарбонат іони обумовлюють лужний резерв (лужність) води.

Ступінь очищення води від хімічних речовин поліпшується при підвищенні якості проясненої води. Враховуючи те, що поверхневі джерела не огорожені повністю від попадання в них зазначених вище речовин, перевагу при виборі способу очищення слід віддавати реагентним методам. При наявності цих речовин або можливого їх попаданні, слід швидкість фільтрування на фільтрувальних спорудах зменшувати в порівнянні зі швидкістю фільтрування, необхідної для прояснення і знебарвлення води. Особливу увагу при виборі схеми очищення та інтенсифікації цього процесу слід приділяти фільтрувальним спорудам – заключним у схемі, які повинні забезпечити підготовку води необхідної кондиції. Вода поверхневих джерел є багатим середовищем (особливо влітку) для розвитку мікробів і бактерій, у тому числі і хвороботворних. Переважна більшість бактерій безбарвна і прозора. Розмножуються бактерії за 5...30 хв, а туберкульозна паличка – за кілька годин. Найбільшу небезпеку становлять мікроорганізми, що є збудниками інфекційних захворювань, і віруси. Коагуляція суспензії під час очищення звільняє воду від вірусів і бактерій на 40, а в окремих випадках на 90%. Отже, при вдосконаленні роботи станції водопідготовки слід враховувати не тільки кількісні, але і якісні показники інгредієнтів води, дійсну і необхідну потужність станції, дефіцитність і економію матеріалів і устаткування, місцеві специфічні умови і можливість зниження собівартості води. При цьому ефект очищення і роботи споруд для води з різними якісними показниками буде різним навіть при дуже наближених за складом водах.

3.3. Безреагентні схеми прояснення і знебарвлення води



Безреагентний метод має ті переваги, що у воду не вводять додаткові речовини, не будують будівлі для їх приготування, зберігання, дозування, змішування; зберігається природний, природний смак води; відсутні забруднюючі навколишнє середовище шкідливі стоки; зменшується кількість обслуговуючого персоналу і, при правильно обраній схемі, спрощується експлуатація. Через малу же швидкості проходження води розміри традиційних споруд потрібні великі, що вимагає більшої площі для розміщення застосовуваних відстійників, попередніх і повільних фільтрів. Дуже пагано на них затримуються тонкодисперсні і колоїдні частинки. Тому для зниження кольоровості природної води, що перевищує 50 град платиново-кобальтової шкали, до питної якості такі споруди практично не застосовуються. Префільтри і повільні фільтри звичайно використовуються при очищенні невеликих витрат води (до 5000 м³/сут). Інтенсифікувати роботу всієї технологічної схеми очищення можна модифікацією засипки і застосуванням в окремі короточасні періоди поліакриламід, сірчаноокислого алюмінію; переобладнанням наявних споруд з використанням сучасних розробок; впровадженням додаткових паралельно працюють нових технологічних схем. Модифікована засипка являє собою фільтруючий зернистий матеріал з розвиненою питомою поверхнею, високою поверхневою активністю, невеликим гідравлічним опором при фільтруванні. Виготовляються такі матеріали в грануляторах з киплячим шаром зі спеціальних суспензій. Найбільш ефективною суспензією може служити глинисту сировину. Щоб поверхня вірний мала вищі адгезійні властивості, в глинисту суспензію вводять модифікуючі добавки органічних і мінеральних сполук (вапняк, торф'яна борошно, полівалентні катіони алюмінію і заліза, фосфати). Склад модифікаторів слід підбирати залежно від показників каламутності та кольоровості початкової води. Так, при знебарвленні малокаламутних вод потрібно використовувати керамічний пісок з добавками торфу і деревної муки на фосфатах, а при очищенні каламутних і мало забарвлених вод – полівалентні катіони алюмінію і заліза спільно з фосфатами. Модифікувати фільтруючу засипку діючих фільтрувальних споруд можна обробкою їх хімічними розчинами безпосередньо на очисній станції. Така модифікація



підвищує адгезійні властивості фільтруючих матеріалів на невеликий проміжок часу або на один фільтроцикл і не відноситься до суто безреагентного методу. Вона прийнятна тільки як тимчасовий захід, що застосовується протягом кількох днів, тижнів, коли якість очищеної води не задовольняє вимогам. При цьому готують хімічні розчини в звичайних бочках на 50...100 л. Підвищити тривалість фільтроциклу або швидкість фільтрування можна шляхом використання 0,1%-й розчин сірчанокислого алюмінію, який готують безпосередньо у фільтрі. Для цього над поверхнею засипки залишають шар води, що дорівнює об'єму пір засипки (приблизно половина шару засипки), куди з затворної бочки гумовим шлангом вводять концентрований розчин сірчанокислого алюмінію. Після цього з фільтра випускають воду до тих пір, поки шар води над поверхнею засипки не буде перевищувати 1...2 см, і повільно заповнюють фільтр вихідною водою. П'ятихвилинного контакту розчину реагенту із засипкою достатньо для її модифікації, тому після закінчення цього часу розчин скидають у каналізацію, а наступний за ним фільтрат, якщо він задовольняє вимогам, направляють у резервуар чистої води. При іншому способі модифікації розчин реагенту подають у вихідну воду протягом перших десяти хвилин після пуску фільтра в роботу. На деяких станціях в приймальні камери завантажують шматки коагулянту, які поступово розчиняються у вихідній воді, сприяючи процесу її очищення. Можна в трубопровід вихідної води тимчасово приєднаним гумовим шлангом подавати розчин поліакриламід. При цьому розчин готують в дерев'яній або металевій бочці, що встановлена на естакаді. Бочку бажано обладнати лопатевої мішалкою з електроприводом. Розчиняти поліакриламід необхідно безпосередньо в цій бочці теплою водою. У нижній частині бочки встановлюють пробковий кран, з якого розчин витікає в воронку, а звідти по гумовому шлангу самопливом в трубопровід початкової води. В основі багатьох нових пропозицій лежить заміна «плівкового» фільтрування на повільному фільтрі на «об'ємне» фільтрування, коли вся суспензія повинна затримуватися послідовно – велика більш великими зернами засипки, а дрібна більш дрібними. Частково цей принцип використовується в двоступеневих схемах з префільтр і повільним фільтром, а більш повно – при зміні напрямку фільтраційного потоку на повільному



фільтрі, коли фільтрувати воду слід знизу вгору в напрямку зменшення крупності засипки. Така схема ускладнюється необхідністю передбачати систему промивання за типом промивання у швидких фільтрах. Збільшення товщини шару, що фільтрує, та забезпечення його неоднорідності по висоті із зменшенням крупності знизу вгору дозволить прояснювати воду каламутністю понад 500 мг/л одноступінчастим фільтруванням зі швидкістю 1,0 м/год і більше. Відповідний підбір засипки префільтра і повільного фільтра при збільшенні крупності зерен засипки повільного фільтра дозволяє збільшити швидкість фільтрування. Так, на повільному фільтрі, що має висоту засипки 0,8 м і трохи збільшеному діаметрі зерен 0,4...0,5 мм, досягають швидкості фільтрування 0,8...1,0 м/год, при цьому префільтр завантажується кварцовим піском з діаметром зерен 0,7...0,8 мм з висотою шару 0,8...1,5 м, швидкості фільтрування встановлюється 2...3 м/год і подається вихідна вода каламутністю до 500 мг/дм³. Збільшити швидкість фільтрування на повільному фільтрі більш, ніж у два рази з очищенням більш каламутної вихідної води дозволяє регенерація засипки гідравлічним розпушувачем. У розпушувач надходить вихідна вода, яка розпушує верхні шари піску струменями, відмиває зерна піску від налиплих забруднень і горизонтальним потоком над засипкою зливається через переливну крайку лотка в каналізацію. Струменевий потік створюють спеціальні насадки. Глибина занурення в пісок встановлюється на місці та визначає ступінь промивки піску. Для можливості промивання всієї секції розрихлювач рухається вздовж неї зі швидкістю 2...4 м/с. Ще більше інтенсифікується процес при влаштуванні двошарової засипки, верхній шар якої складається з подрібненого керамзиту з діаметром зерен 0,47 мм і висотою шару 0,2 м, і нижній – з піску діаметром зерен 0,25 мм висотою – 0,4 м. При фільтруванні зі швидкістю 0,4 м/год вихідної води з каламутністю до 90 мг/л забезпечується підготовка фільтрату каламутністю менше 1,5 мг/дм³. Тривалість корисної дії фільтра в порівнянні з фільтруванням через одношарову засипку підвищується більш ніж в два рази. Період «дозрівання» двошарової засипки 60 хв, одношарової в ідентичних умовах – 34.

Для знебарвлення і прояснення малокаламутних та кольорових поверхневих вод можливо реагентну схему перевести на



безреагентну з використанням біологічного метод очищення (біопрояснювальний фільтр) (рис. 3.2).

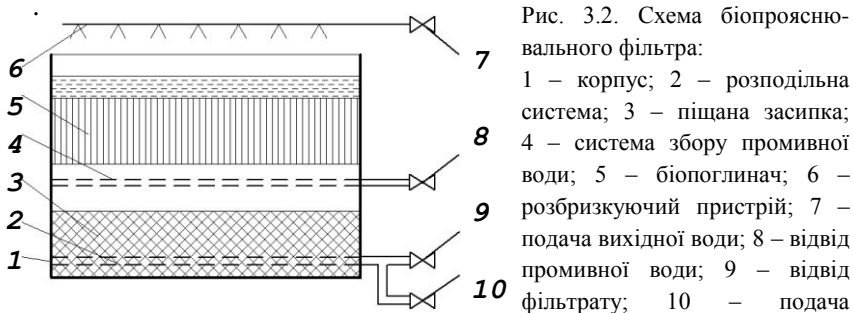


Рис. 3.2. Схема біопрояснювального фільтра:

1 – корпус; 2 – розподільна система; 3 – піщана засипка; 4 – система збору промивної води; 5 – біопоглинач; 6 – розбризкуючий пристрій; 7 – подача вихідної води; 8 – відвід промивної води; 9 – відвід фільтрату; 10 – подача

В звичайний швидкий фільтр, що має корпус 1, фільтруючу засипку 3, розподільну систему 2, в надфільтровому просторі закріплюється біопоглинач 5. Зверху над фільтром монтується розбризкуючий пристрій 6, а над засипкою встановлюється збірна дірчаста система збору промивної води 4. В якості носія закріпленої мікрофлори (біопоглинач) використовується насадка із капронових текстурованих джгутових ниток (КТДН) діаметром 2...3 мм із щільністю упаковки від 10000 до 90000 шт/м² при довжині насадки 1м. В якості фільтруючої засипки фільтра використовується кварцовий пісок з розмірами фракцій 0,5...1 мм. Висота фільтруючого шару приймається в межах 0,7...1,0 м. Фільтр працює наступним чином. Вихідна вода трубопроводом 7 через розбризкуючий пристрій 6 подається у верхню зону біопоглинача 5. Під час зливання води у фільтр з висоти 0,5...0,6 м відбувається її спрощена аерація та насичення киснем. Збагачена киснем вода рухається вздовж джгутів біопоглинача. Завдяки розвитку бактерій на поверхні ниток та силі біопоглинання із води вилучається значна кількість колоїдних, завислих та органічних речовин, знижується кольоровість води, а остаточно доочищується вода в піщаному шарі. При зниженні якості фільтрованої води або продуктивності фільтра до встановлених значень, фільтр виводиться на регенерацію. Регенерація фільтруючої засипки заключається в зворотній промивці очищеною водою, яка подається по трубопроводу 10. Під час промивки фільтруючого шару рівень води у фільтрі знижується, тим самим сприяє промивці джгутів біопоглинача. Забруднена промивна вода відводиться



трубопроводом 8. Такий фільтр вже без попередньої ступені очистки і без введення реагентів забезпечить підготовку питної води з кольоровістю до 100 град та каламутності до 70 мг/дм³.

3.4. Реагентні схеми прояснення і знебарвлення води

Реагентні методи дозволяють готувати природну воду питної якості практично при будь-якому її фізико-хімічному складі. До того ж процеси протікають дуже інтенсивно, а розміри основних споруд менше, ніж при безреагентному методі. Однак ці методи вимагають цільового набору реагентів і пов'язаного з ними реагентного господарства, змішувальних пристроїв. Крім того, в технологічних схемах із зміною фізико-хімічних показників вихідної води змінюється технологія її очищення.

Стандартні двоступінчасті схеми з відстійниками і прояснювачами із завислим осадом не завжди забезпечують глибоку обробку вод, в яких в великому діапазоні змінюються показники кольоровості і каламутності. На багатьох водоочисних станціях апробовано та доведено, що у зазначених схемах у період невисокої каламутності та кольоровості вихідної води, оброблену коагулянтами воду слід направляти із змішувача, минаючи перший ступінь, безпосередньо на швидкі фільтри. Така операція називається прямоточним фільтруванням, при якому вода надходить в засипку з ще нескоагульованою суспензією. Безпосередньо в товщі зернистої засипки проходить контактна коагуляція, що сприяє процесу затримання завислих і колоїдних частинок і підвищує ступінь очищення.

Найкращі результати спостерігаються при низькій температурі і лужності води, коли коагуляція і укрупнення пластівців йдуть дуже повільно та не встигає закінчитися на досить довгому шляху від змішувача до засипки в трубопроводах і надфільтровому просторі води. Більш успішно процес проходить на станціях малої продуктивності з невеликою протяжністю трубопроводів і введенням коагулянту безпосередньо в трубовід вихідної води з застосуванням шайбового змішувача. У цьому випадку фільтр працює з поступово (протягом фільтроцикла) наповнюючимся надфільтровим простором, коли вільний об'єм води над засипкою на початку фільтроцикла зведений до мінімуму. З підвищенням температури та лужності води коагуляція може закінчитися до



надходження води в засипку – у воді з'являться видимі пластівці. У цьому випадку потрібно надфільтровий об'єм води збільшити (з початку фільтроциклу), щоб до засипки підходила вода зі сформованими пластівцями. При цьому затримання суспензії відбувається досить ефективно, хоча дещо скорочується фільтроцикл за рахунок кальматації засипки.

З досвіду експлуатації прямоточне фільтрування успішно застосовується при утриманні суспензії з води до $30\text{...}50 \text{ мг/дм}^3$. Крупність пластівців регулюють дозою коагулянту, збільшуючи її до отримання фільтрату питної якості. Фільтруючу засипку доцільно влаштовувати двошаровою або крупнозернистою, більш однорідною висотою $1,3\text{...}2,0 \text{ м}$.

При тонкодисперсній суспензії, що обумовлює невеликі значення каламутності та кольоровості, роботу двоступеневої схеми інтенсифікують додатковим введенням замутнювача. В якості замутнювача краще використовувати бентонітові глини, крупність частинок яких понад 3 мкм . Глинистий розчин готують у мішалках лопатевого типу і подають у змішувач або перед змішувачем до введення коагулянту. Введені частинки глини є первинними центрами коагуляції тонкодисперсних частинок, що підвищують ступінь очищення води. Вони сприяють, як правило, очищенню в прояснювачах із завислим осадом і у відстійниках з камерою пластівцеутворення із завислим осадом.

На водопровідні очисні станції гірських регіонів надходить вода з великим коливанням каламутності протягом року. При цьому в теплу пору каламутність підвищується до 2000 мг/дм^3 , а лужність падає. Технологічна схема «вертикальний відстійник – швидкий фільтр» саме при високому вмісті суспензії, коли потреба у воді збільшується, не завжди забезпечує високу якість фільтрату. Пояснюється це, в першу чергу, погіршенням роботи відстійників із яких виходить вода з каламутністю 30 мг/дм^3 і вище. Прикладом реконструкції технологічної схеми (рис.3.3) на кожзаводі м.Невинномиськ. Будівництво додаткового змішувача і трьох прояснювачів із завислим осадом конструкції ВНДГС (поза будівлею станції і під відкритим небом) дозволило зняти навантаження з відстійників і підвищити ефект очищення води. Після реконструкції ступінь очищення ж у відстійниках залишається нижче, ніж в прояснювачах із завислим осадом.

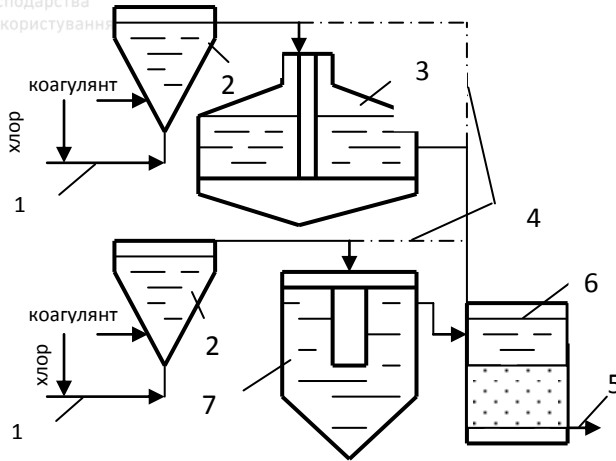


Рис. 3.3. Схема очисної станції кожзаводу м. Невинномиськ:

1 – подача вихідної води; 2 – вертикальний змішувач; 3 – прояснювач із завислим осадом; 4 – обвідна лінія; 5 – відведення проясненої води; 6 – швидкий кварцовий фільтр; 7 – вертикальний відстійник

Нормальна робота прояснювачів в сонячні дні часто порушується. Прямі сонячні промені викликають конвективні потоки, що виносять осад у зону проясненої води. Для запобігання цьому явищу передбачена теплова ізоляція корпусу і захисні козирки або навіси над прояснювачами із завислим осадом. Підвищені витрати води, що пропускаються першим ступенем очищення, зажадали тільки реконструкції існуючих фільтрів, що завантажувались дрібнозернистим піском крупністю 0,5...1,5 мм з висотою шару 0,7 м, і забезпечували швидкість фільтрування тільки 5,0 м/год. Вилучення дрібнозернистої засипки і підтримуючих шарів крупністю 2...64 мм і висотою 0,7 м, заміна розподільної системи дозволило засипати крупнозернистий піску з більшою висотою шару і збільшити швидкість фільтрування до 10 м/год. Всі перелічені заходи значно збільшили продуктивність станції і ступінь очищення води.

На водоочисну станцію м. Житомира вода надходить із спеціального санітарного водосховища на р.Тетерів, де каламутність не перевищує 25 мг/дм³, а кольоровість становить 20...70 град. Існуюча двоступенева схема (рис.3.4), що складається



з горизонтальних відстійників і швидких фільтрів, забезпечувала ледь-ледь необхідну якість очищеної води. Доводилося застосовувати прямоточне фільтрування, введення замутовача, замінювати одношарову засипку фільтрів на двошарову. Коли всі резерви були використані, впровадили додаткову більш гнучку технологічну схему споруд з будівництвом додаткової технологічної лінії.

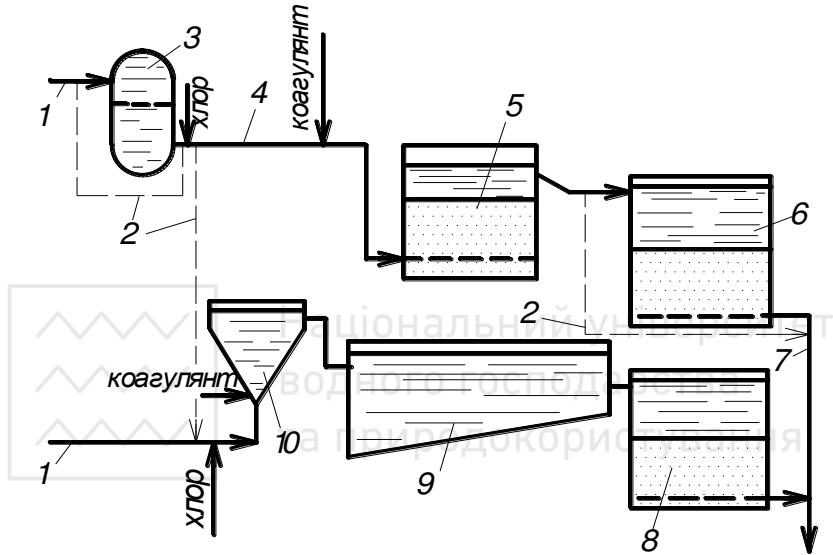


Рис. 3.4. Технологічна схема очисної станції м. Житомира:

- 1 – подача вихідної води;
- 2 – обвідний лінія;
- 3 – високошвидкісний фільтр з сіткою;
- 4 – водовід;
- 5 – контактний прояснювач;
- 6 – фільтр з активованим вугіллям;
- 7 – відведення проясненої води;
- 8 – швидкий двошаровий фільтр;
- 9 – горизонтальний відстійник з камерою пластівцеутворення;
- 10 – вертикальний змішувач

Вода з водоймища надходить на високошвидкісні самопромивні фільтри (ВСФ), де затримуються дрібні плаваючі предмети, планктон і велика завесь. У разі їх відсутності вода, минаючи ВСФ, надходить у водовід, що має протяжність понад 6,5 км. На вході в водовід вона хлорується, що забезпечує окислення органічних сполук по шляху руху води до очисної станції. На станції в трубопровід вихідної води вводиться розчин сірчанокислового алюмінію і вона відразу надходить на контактні прояснювачі, після



чого для остаточного знебарвлення перетікає у фільтри, що завантажені активованим вугіллям. Якщо після контактних прояснювачів вода відповідає вимогам питної води, то вона, мінаючи фільтри, направляється безпосередньо в резервуари чистої води.

На станції для оптимізації процесу передбачається введення поліакриламідів, активованої кремнекислоти, вторинне хлорування та проміжне хлорування перед контактними прояснювачами. Прийнята технологічна схема дозволяє швидко і оперативно включати або вимикати споруди, змінювати склад і кількість реагентів, що вводяться у воду, мати мінімальний буферний об'єм (старі горизонтальні відстійники) і забезпечувати високу якість підготовки води при змінах її показників.

Як вже говорилося, зарегульований стік річок привів до появи невеликих річок з невеликою каламутністю і невисокою кольоровістю. У таких випадках застосовують спрощену попередню схему (високошвидкісний самопромивний фільтр – змішувач – контактний фільтр), яка виконана на водоочисних спорудах Рівненського льонокомбінату. На очищення подається вода р. Горинь, що має каламутність, як правило, не перевищує 60 мг/дм^3 , і кольоровість до 70 град. Високошвидкісний фільтр призначений для затримання крупнодисперсної суспензії і плаваючих частинок і при необхідності може відключатися.

До останнього часу в практиці водопідготовки великі труднощі зустрічалися при очищенні висококольорових вод. Застосовані двоступінчасті схеми з горизонтальними відстійниками або прояснювачами із завислим осадом і швидкими фільтрами не справлялися з очищенням. Тонкодисперсна і колоїдна суспензія при обробці коагулянтами утворювала легкі і пухкі пластівці, які дуже погано осідали у відстійниках. При наявності такої суспензії можна застосувати технологічну схему обробки води – флотатори плюс швидкі фільтри. За цією схемою вода після камери пластівцеутворення надходить у флотационну камеру, куди вводиться водоповітряна суміш. Пластівці скоагульованої зависі злипаються в камері з дрібними бульбашками повітря і у флотаторі спливають вгору у вигляді піни, що виводиться потім з флотатора за допомогою скребкового механізму або гідравлічного (короткочасним підйомом рівня води). Ефект очищення при цьому



вище, ніж на відстійниках і прояснювачах із завислим осадом. Найбільш раціонально приготування водоповітряної суміші в напірному баку з насадкою і подачею повітря в бак від компресора. Флотаційні установки забезпечують порівняно з відстійниками і прояснювачами із завислим осадом економію капітальних вкладень – 40...70, експлуатаційних витрат – 10...30%. Реконструкція існуючих прояснювачів із завислим осадом зажадає додаткових капітальних вкладень (в цінах 1981р) в розмірі 65 тис. грн при її початковій продуктивності 27 000 і збільшенні після реконструкції до 50 000 м³/доб.

Інтенсифікує роботу станцій водопідготовки також плаваюча пінополістирольна засипка. Вперше пінополістирольну засипку запропоновано застосовувати в прояснювачах із завислим осадом, розташовуючи її над шаром цього осаду. Шар пінополістиролу товщиною понад 0,4 м з діаметром гранул 0,5...2,0 мм забезпечував підготовку води питної якості. При цьому в одній споруді розміщена вся двоступенева технологічна схема. На станціях з коридорними прояснювачами із завислим осадом для підвищення продуктивності станції можна застосувати технологічну схему (рис. 3.5), що складається з двох самостійних ланцюжків, які використовують існуючі споруди I і II ступені очищення води.

У першій ланцюжку споруд вода із змішувача трубопроводом 3 потрапляє у прояснювач, проходить знизу вгору спочатку шар завислого осаду, а потім шар пінополістиролу крупністю гранул 0,5...2,0 мм з товщиною шару не менше 0,5 м.

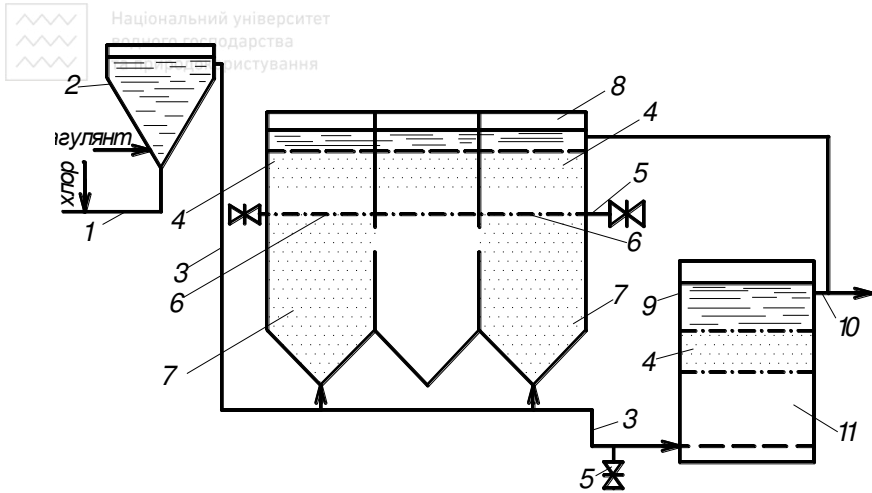


Рис. 3.5. Схема реконструкції станції з коридорними прояснювачами із завислим осадом:

1 – подача вихідної води; 2 – вертикальний змішувач; 3 – подача води із змішувача; 4 – пінополістирольна засипка; 5 – відведення промивної води; 6 – додаткова дренажна система; 7 – шар завислого осаду; 8 – коридорний прояснювачами із завислим осадом; 9 – швидкий фільтр; 10 – відведення проясненої води; 11 – подфільтрове простір фільтра

Прояснена вода з надфільтрового простору трубопроводом 10 відводиться споживачу. Пінополістирол утримується спеціально встановленою решіткою вище осадкоприймальних вікон. Для можливості промивання пінополістиролу вище верхньої межі осаду, але нижче пінополістиролу на висоту, яка допускає його розширення при промиванні, монтується додаткова дренажна система 6. Коли пінополістирол вичерпує свою затримуючу здатність за напором або захисній дії, засипка промивається відкриттям засувки на трубопроводі 5 і скидом промивної води в каналізацію. Відведення фільтрованої води з коридору, що промивається, припиняється, в той час як інші коридори працюють в режимі фільтрування. Інші операції з управління роботою прояснювача залишаються колишніми.

Швидкий кварцовий фільтр 9 повністю реконструюється і становить другий ланцюжок споруд. З нього видаляється вся фільтруюча засипка, підтримуючі шари, жолоби. На висоті 3,0...3,5 м від дна фільтру встановлюється решітка, під яку нагнітається



пінополістирол того ж гранулометричного складу, що і в прояснювачі. Таким чином під пінополістирольною засипкою залишається вільний простір заввишки 2,5...3,0 м. Вихідна вода із змішувача трубопроводом 3 надходить через нижню дренажну систему у фільтр і піднімається вгору зі швидкістю 3,0...3,5 м/год. При такій швидкості в нижній частині фільтру починає формуватися шар осаду, що затримує основну масу зависі. Частково прояснена вода надходить в шар пінополістирольної засипки 4, де остаточно прояснюється, збирається в надфільтровому просторі і трубопроводом 10 відводиться споживачу. Шар осаду в подфільтровому просторі 11 поступово зростає, а коли досягає нижньої кромки засипки, фільтр переводиться в режим промивання. Для цього відкривається засувка на трубопроводі, 5. Прояснена вода з надфільтрового простору спрямовується вниз, розширює і промиває засипку, виносить з під фільтрового простору осад в каналізацію трубопроводом 5. Після закінчення часу, необхідного на промивання, або падінні рівня води в надфільтровому просторі до мінімальної позначки, промивання припиняється. У цей момент в нижній частині фільтра має залишитися трохи осаду, необхідного для більш швидкого включення в роботу фільтру. Таким чином, без будівництва додаткових будівель і споруд продуктивність станції підвищиться на 30...50%.

На малих водопроводах застосовуються установки заводського виготовлення типу «Струмін». Збільшення продуктивності невеликих станцій досягається монтажем ще однієї установки. У цьому випадку можна рекомендувати установку більш просту і компактну (рис.3.6), що використовує двоступеневу реагентну схему очищення з тонкошаровим відстійником і пінополістирольним фільтром. Річкова вода, що змішана з коагулянт, із змішувача-повітрявідділювача 2 надходить трубопроводом 8 в камеру пластівцеутворення 5 із шаром завислого осаду, а потім проходить тонкошаровий відстійник поличного типу 6. У відстійнику осідає основна маса пластівців, а дрібні затримуються пінополістирольною засипкою 7 при русі через неї води знизу вгору. Прояснена вода трубопроводом 9 відводиться споживачу. Промивається установка чистою водою з надфільтрового простору під час відкриття засувки на трубопроводі 10, що скидає промивну воду в каналізацію.

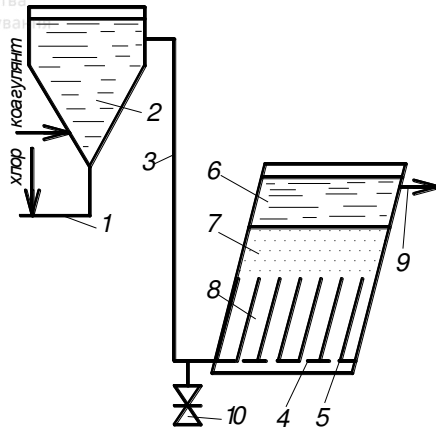


Рис. 3.6. Технологічна схема з тонкошаровим відстійником і пінополістирольним фільтром:

1 – подача вихідної води; 2 – змішувач-повітрявідділювач; 3 – подача води на установку; 4 – дренажна система; 5 – камера пластівцеутворення; 6 – тонкошаровий відстійник; 7 – піно полістирольна засипка; 8 – над фільтровий простір; 9 – відвід чистої води; 10 – відвід промивної води

Вся установка має нахил до горизонту 60° . Нижня крайка пінополістиролу горизонтальна і майже торкається верхньої крайки відстійника. Під час промивання пінополістирол розширюється в межполочний простір і, добре відмиваючись від забруднень, сам відтирає від осаду полиці відстійника. Після закінчення промивання пінополістирол повертається у своє початкове горизонтальне положення, хоча нижня крайка його знаходиться під кутом до корпусу. Таке конструктивне рішення збільшує площу фільтрування на 10...15% і покращує ефект очищення.

Зниження каламутності поверхневих вод дозволяє все ширше використовувати одноступінчаті реагентні схеми очищення. Переобладнати існуючі споруди (в першу чергу фільтри) двоступеневої схеми на одноступеневу з контактними прояснювачами досить складно. Звичайна швидкість фільтрування на фільтрах вище, ніж на контактних прояснювачах і, значить, після реконструкції об'єм води з них буде менше. Набагато простіше застосовувати контактні фільтри, принцип роботи яких аналогічний роботі швидких фільтрів. При цьому слід створити оптимальні умови для контактної коагуляції, скоротити шлях руху води з



реагентом до засипки, відмовитися від змішувача, подавати коагулянт безпосередньо в трубопровід. Можливо влаштувати додаткову розподільну систему в безпосередній близькості від верхньої крайки засипки, у якій разом з частиною оброблюваної води буде вводиться розчин коагулянту. У практиці водоочищення є позитивний досвід використання контактних пінополістирольних фільтрів на Держинській фільтрувальній станції (Донецька обл.) та на Сокільському блоці фільтрувальних станцій (Кримська обл.) паралельно з традиційною реагентною двоступеневою схемою.





3.5. Попередній ступінь прояснення води

Горизонтальні відстійники зазвичай застосовують при великій (понад 30 000 м³/добу) продуктивності станції, а вертикальні при малій. Вода у відстійники надходить з камер пластівцеутворення, де в результаті хімічної обробки води хлором, коагулянтами, флокулянтами утворилися великі і щільні пластівці. У камерах пластівцеутворення вода рухається повільно з невеликим перемішуванням. Тому камери слід не рідше одного разу на рік обстежувати, очищати, перевіряти стан перегородок (якщо вони є) і ремонтувати їх, осад під час спорожнення камери змивати зі стін, дна, перегородок, зскрібати нарощення органічного походження, очищати випускні пристрої і трубопроводи.

У процесі експлуатації необхідно постійно контролювати швидкість руху води в камерах і інтенсифікувати процес утворення пластівців (змінювати швидкості входу і виходу води, вводити напрямні перегородки, змінювати час перебування води в камері за рахунок впуску або випуску її в різних місцях камери, проводити різні види хімічної обробки води, що властиві для певних періодів року і окремим видам природних вод). Так, для камери пластівцеутворення вихрового типу, поєднаної з відстійником (рис. 3.7), коефіцієнт використання становив 35% при 4-хвилинному знаходженні води в камері. Перекриття збірних жолобів дірчастими напівтрубами з отворами діаметром 50 мм збільшило коефіцієнт використання камери в 1,6 рази. Після реконструкції на виході з камери вода містила досить великі і щільні пластівці, їх краще затримували відстійники, а збірні жолоби менше забивалися випавшими пластівцями.

Вертикальні відстійники в центральній частині зазвичай мають водоворотну камеру пластівцеутворення, в яку воду впускають через сопло, що забезпечує її обертальний рух. Установкою сопел різного діаметра регулюють режим пластівцеутворення, а діаметр сопла підбирають у кожному конкретному випадку і різним для кожного періоду року. Висхідна швидкість у відстійнику зазвичай встановлюється 0,5...0,6 мм/с, але вона витримується на всій площі відстійника тільки при рівномірному зборі проясненої води. Для цього переливна крайка водозбірних жолобів повинна бути строго горизонтальна, що на практиці важко здійснити. Краще на кромці



влаштувати затоплені отвори діаметром 20...30 мм або трикутні вирізи зі швидкістю руху в них 0,6...0,7 м/с. При площі відстійника понад 12 м² додатково до периферійного жолобу встановлюють радіальні. Отвори і кромки жолобів необхідно очищувати по мірі їх забруднення.

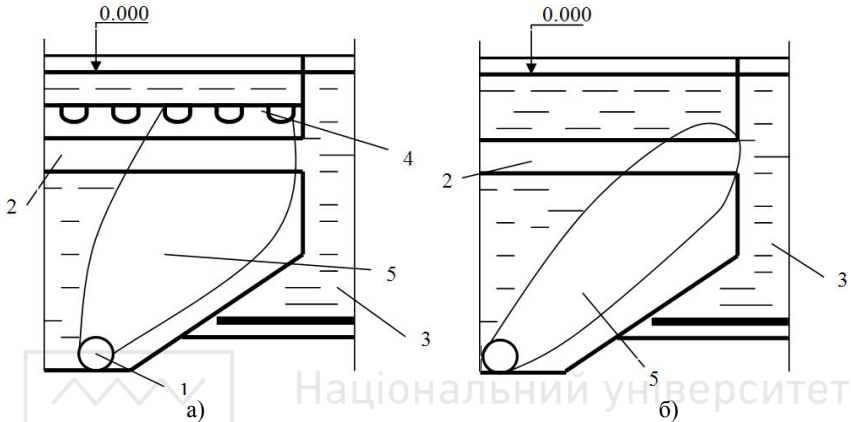


Рис. 3.7. Принципова схема камери пластівцеутворення:

а – до реконструкції; б – після реконструкції; 1 – дірчастий трубопровід подачі води в камеру; 2 – відкриті збірні жолоби затопленого типу; 3 – горизонтальний відстійник; 4 – дірчасті напівтрупи, що перекривають жолоби; 5 – робоча зона

При проясненні мало каламутних і кольорових вод найбільш доцільні контактні камери утворення пластівців з пінополістиролу крупністю 2...5мм, в яких незначно кольматується міжзернистий простору, просто промивається зворотним потоком води, втрати напору в зернистому шарі не перевищують 3...5 см. При заміні водоворотної камери на контактну (рис. 3.8) і додаткового встановлення в зоні проясненої води тонкошарового модуля, якість проясненої води покращується в 1,5 – 1,8 рази при одночасному збільшенні в 1,3 – 1,7 раз продуктивності.

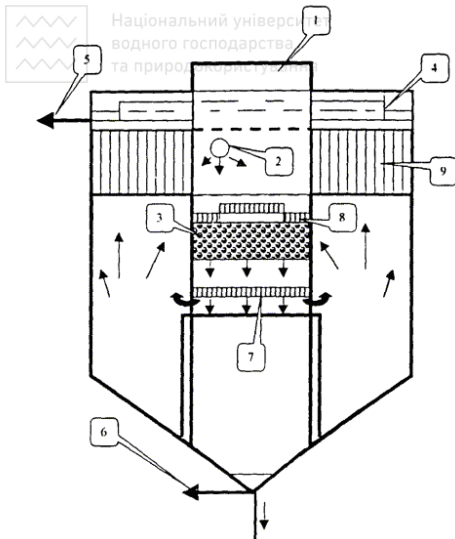


Рис. 3.8. Вертикальний тонкошаровий відстійник з контактною камерою утворення пластівців:

1 – камера утворення пластівців; 2 – подача вихідної води; 3 – контактне плаваюче завантаження; 4 – збірний лоток; 5 – відведення освітленої води; 6 – збір осаду; 7, 8 – нижня і верхня підтримуючі ґрати, відповідно; 9 – тонкошарові сотоблоки.

Для утворення щільних пластівців можуть застосовуватись тонкошарово-ежекційні (рециркуляційні) камери утворення пластівців. Вихідна вода подається в нижню частину камер трубопроводами з системою сопел (ежекторів) направлених до низу і розмиваючих найбільш крупні пластівці на дні. Таким чином в потік оброблюваної води потрапляє найбільш крупні частки, які будуть сприяти коагуляції між полками тонкошарового відстійника. Пластівці в тонкошарових просторах характеризується високою концентрацією твердої фази і стійкістю до зміни витрати та якості вихідної води. Тонкошарові-ежекційні камери утворення пластівців використовуються при реконструкції камер, вбудованих в горизонтальні відстійники та в прояснювачах з шаром завислого осаду довжиною не більше 6 м.

Ламінарний рух води в горизонтальному відстійнику забезпечується правильним пристроєм впуску і випуску води і частково – поздовжніми перегородками. Досить рівномірно розподіляють і збирають воду по ширині відстійника незатоплені водозливні лотки зі строго горизонтальної крайкою. За горизонтальністю і чистотою крайок потрібно стежити особливо ретельно. При недотриманні цієї умови, а також при подачі і відведенні води трубами слід на відстані 1,0...1,5 м від торцевих стінок встановлювати дірчасті перегородки або огорожі з вертикальних дощок з прозором по 0,10...0,15 м. Ці перегородки в



зоні ущільнення та накопичення осаду повинні бути суцільними. В іншому випадку відбувається розмив осаду, що найбільш спостерігається біля вихідної перегородки, де в очищену воду підсмоктується шлам, якісні показники води погіршуються особливо перед продувкою (випуском осаду) відстійника.

Нормальній роботі відстійників часто перешкоджає нерівномірне навантаження на окремі секції, що досягає часом 50...70%. Для регулювання подачі води на окремі секції відстійники обладнують п'єзометричними трубками, які показують рівні води на виході з відстійників. Суть регулювання полягає в тому, що при однакових рівнях води у відстійниках забезпечується приблизно однакове навантаження на секції. Однак у цьому випадку на трубопроводах, які відводять відстояну воду, засувки повинні бути повністю відкриті, а рівні води на фільтрах однакові, що досягається регулюванням відкриттям засувок фільтрованої води. Для поліпшення гідравлічного режиму горизонтального відстійника по його довжині встановлюють дірчасті перегородки. Так, на діючому відстійнику Карачуновської водоочисної станції м. Кривого Рогу довжиною 28 м з середньогодишньої витратою 600 м³/год використовувалися перегородки з клейончатого матеріалу з отворами діаметром 11 см, що розташовані в шаховому порядку. Сумарна площа отворів становить 6,27% від площі поперечного перерізу відстійника. Перегородки встановлені на відстані 8 і 20 м від його початку. У результаті відбулося вирівнювання швидкостей по всьому перетину потоку, зменшилися зворотні течії, що утворюють пасивні зони, час перебування води у відстійнику зросла з 50 до 85 хв, коефіцієнт об'ємного використання збільшився з 0,416 до 0,71. Покращилась якість очищеної води - каламутність на виході стала 17...20 мг/л замість 26.

При обробці води дозами коагулянту більше 40 мг/дм³ у другій половині горизонтального відстійника в поверхневих шарах утворюється «мертва зона», в якій вода може рухатися в зворотному напрямку. Висота «мертвої зони» залежить від швидкості потоку у відстійнику, дози коагулянту і флокулянта і становить 20...80% всієї глибини відстійника. У ряді випадків «мертву зону» практично ліквідують і створюють гарні гідравлічні умови для потоку при розосередженому по площі відстійника зборі води. Для цього у поверхні відстійника встановлюється система горизонтальних



підвісних жолобів або труб, на бічних стінках яких знаходяться затоплені отвори діаметром не менше 25 мм при швидкості руху води в них 1 м/с. Витрата води, що надходить у перший та останній жолоб або трубку, при дозі коагулянту понад 40 мг/дм³ приймають $Q_1=0,7Q$ та $Q_n=1,2Q$; в проміжні $Q_i=Q_1 + 0,5(m-1)(n-1)$ де n – кількість жолобів або труб,

m – порядковий номер жолоби або труби.

Одинична витрата, м³/с, $Q=K \cdot H \cdot B \cdot 10^{-3}$,

де B – ширина відстійника, м;

H – глибина зони прояснення води, м;

K – коефіцієнт, що приймається 0,44 при горизонтальній швидкості 5 мм/с і 0,22 при 10 мм/с.

Розрахункова швидкість в кінці жолоба або труби повинна бути 0,6...0,8 м/с, верх жолобів піднімається на 0,1 м вище максимального рівня води у відстійнику. Відстань перший жолоби від вхідних перегородки приймається 1/3 від довжини відстійника але не менше 15 м. Останній жолоб знаходиться на відстані 0,5...1,5 м від торцевої перегородки. Відстань між жолобами можна приймати при швидкості потоку до 5 мм/с $0,8H$, а при більшій $0,4H$, але не більше 3 м. Жолоби можуть бути азбестоцементними, вініпластиковими, дерев'яними з відношенням ширини до висоти 2:1. Для регулювання кількості відведеної води кожен жолоб обладнується шибєрним пристроєм. Така системи відводу води дозволить збирати до 30% його витрат за своєю якістю перевищує якість води, що пройшла звичайний відстійник, або підвищить якість всієї води на 50%, або підвищить навантаження на відстійник на 20...30%.

У міру збору осаду в зоні його накопичення і ущільнення глибина проточної частини зменшується, хоча ефект очищення почне знижуватися лише при висоті проточної частини меншою 2/3 усієї глибини відстійника. Тому під час експлуатації необхідно стежити за рівнем осаду, заміряючи його зазвичай у першій третині відстійника. При наближенні рівня осаду до максимального рівня (починається винос пластівців з відстійника) його виключають з роботи і очищують. Зазвичай чистку проводять два рази на рік, хоча при підготовці каламутних вод її доводиться робити і частіше. Забезпечити ритмічність роботи, полегшити умови експлуатації, а іноді і знизити витрату води на власні потреби дозволяє гідравлічна



система видалення осаду. На багатьох водопроводах така система виконана з двох дірчастих залізобетонних жолобів (рис. 3.9), з яких осад забирається трубою діаметром 300 мм.

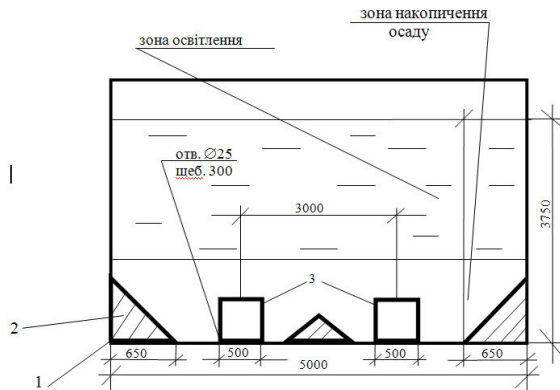


Рис. 3.9. Гідравлічна система видалення осаду з відстійника:
1 – відстійник; 2 – бетонне набивання; 3 – залізобетонні жолоби

Тривалість скидання осаду без виключення відстійника з роботи і час між продуваннями залежить від вмісту завислих речовин у вихідній воді, дози коагулянту і флокулянту, навантаження на відстійник. Ці параметри встановлюються експериментально в кожному конкретному випадку з розрахунком, щоб осад не надто ущільнювався і був досить гідравлічно-рухливий.

Важливість хімічної обробки води видно з досвіду роботи горизонтальних відстійників при обробці води річки, яка в паводок має високу каламутність і кольоровість, а в інші періоди - високу кольоровість. Коагуляція цієї води і особливо взимку проходить погано. Інтенсифікують процес введенням у воду шламу з відстійника дозою 150...180 мг/дм³. При цьому хлор і коагулянт вводять безпосередньо перед насосами першого підйому, а шлам через дірчасту трубу в змішувач. Шлам подавався з відстійника спеціальним насосом. Прийнята система дозволила відразу знизити на 20...100% каламутність і кольоровість оброблюваної води.

Використання прояснювачів із завислим осадом підвищує ступінь очищення води при високих значеннях каламутності води.

У прояснювачі вода надходить відразу після введення реагентів. Завислий шар формується з утвореного при гідролізі гідроксиду алюмінію або заліза і забраних з води колоїдних і завислих часток, тобто використовується принцип контактної коагуляції, що дозволяє в порівнянні з коагуляцією в об'ємі знизити дозу



коагулянту. Основними факторами, що підвищують ефективність роботи прояснювачів, є:

- оптимальні для даних умов якість і кількість вихідної води;
- хімічний склад, структура та умови існування завислого шару;
- досконалі збірно-розподільчі системи.

На процес очищення менше впливає температура і лужність вихідної води. Проте різка зміна температури води або прогрівання однієї зі сторін прояснювача викликає конвекційні потоки води, руйнування чіткої межі завислого осаду і винесення його в зону проясненої води. Тому температура води не повинна змінюватись більше, ніж на один градус за годину. Для попередження виділення в прояснювачі повітря і, як слідство, винесення на поверхню пластівців осаду, перед прояснювачами встановлюються спеціальні повітрявіддільники або вертикальні змішувачі з відділенням повітря. При експлуатації таких змішувачів обслуговуючий персонал повинен стежити за створенням гідравлічного опору на виході із змішувача, що забезпечує підпір рівня води. Зазвичай на виході із змішувача встановлюється засувка. При надмірному її відкритті створюються умови для швидкого витікання води із змішувача, турбулентності потоку в боковій камері і підсосу повітря, а при недостатньому відкритті цієї засувки можливе підвищення рівня води в змішувачі і скидання через перелив частини води. Саме через це засувки відкривають більш, ніж необхідно. У прояснювачах висхідна швидкість руху води і коефіцієнт розподілу води між зоною прояснення і зоною відділення осаду встановлюється згідно норм в залежності від кількості завислих речовин у вихідній воді. Однак при утворенні легких пластівців у період малої каламутності та кольоровості вихідної води ці швидкості бувають завищеними більш ніж у два рази. У зимовий період при низькій температурі води і невеликій каламутності (менше $5...10 \text{ мг/дм}^3$) доцільно у воду після коагулянту вводити замутнювач дозами $10...15 \text{ мг/дм}^3$, використовуючи, як замутнювач низькосортне вапно, тонкодисперсну глину, відпрацьований шлам з осадоущільнювача. Хлор і коагулянт вводять в трубопровід, що подає воду в змішувач, а замутнювач - у нижню частину вертикального змішувача. Доза



коагулянту встановлюється пробним коагулюванням і зазвичай в два і більше разів перевищує дозу, визначену нормативами.

Продуктивність прояснювачів підвищується на 12...15% при подачі 8...10% вихідної води осадощільнювач. Змішана з коагулянтом вихідна вода подається в осадодвідні труби, де змішується або не змішується зі шламом. Це дозволяє збільшити висхідну швидкість потоку в осінній період з 0,9 до 1,05...1,06 мм/с. При каламутності вихідної води в період випробувань 10 мг/дм³, кольоровості 40...65 град, дозі коагулянту 36...40 мг/дм³ прояснена вода мала каламутність 6,1 мг/дм³, кольоровість 20...23 град. В інші періоди року спостерігалася аналогічна картина.

Прояснювачі із завислим осадом дуже чутливі до різкого збільшення висхідній швидкості і поданій витраті, які викликають інтенсивний винос пластівців у зону проясненої води. Тому збільшення витрати води на прояснювач не повинно перевищувати 15% у годину. Часті зміни в режимі подачі води неприпустимі, тому що при цьому спостерігається погіршення якості проясненої води. Стабільність роботи прояснювачів багато в чому залежить від підтримки оптимальної дози коагулянту, яку слід встановлювати пробним коагулюванням для різних періодів року. Введення після коагулянту поліакриламідну знижує вплив залежності якості обробленої води від дози коагулянту. Однак ряд авторів відзначають, що введення поліакриламідну при каламутності вихідної води нижче 25 мг/дм³ і кольоровості 60 град істотно не впливає на якість очищеної води. Тому на станціях очищення малокаламутних і кольорових вод доцільно вводити поліакриламід тільки протягом 2...3 міс. У цілому, поліакриламід, як і великі дози коагулянту, роблять осад більш важким, з'являється тенденція до осадження зависі в робочих камерах. На деяких водопроводах в цих випадках збільшують відсмоктування води в осадощільнювач з робочих камер, влаштовуючи при необхідності додаткові труби. Для створення оптимальної концентрації шару завислого осаду і мінімальної витрати води на власні потреби скидання осаду і продування прояснювача експлуатаційники роблять один раз в 1,0...1,5 міс. Проте такий режим продувки може погіршити мікробіологічні показники води, веде до появи присмаків і запахів. Внаслідок цього рекомендується продування прояснювача один раз



в 4...6 днів. Відведення осаду можна проводити періодично або безперервно.

Важливим критерієм нормальної роботи прояснювачів є наявність щільного і стабільного осаду, хімічний склад і структура якого залежать від фізико-хімічних показників оброблюваної води та введених коагулянтів, флокулянтів тощо. Висоту шару осаду потрібно підтримувати постійною і не меншою 2...2,5 м. Його верхня межа повинна розташовуватися вище осадоприймальних труб або низу осадоприймальних вікон на 10...15 см для забезпечення відсмоктуванням води в осадощілювач. При цьому надійну роботу прояснювачів визначає максимальне відсмоктування води. У разі збільшення шару завислого осаду збільшують відсмоктування води в осадощілювач і навпаки, відсмоктування осаду слід припиняти при різкому збільшенні його шару в робочих камерах. У всіх випадках на трубопроводах відкриття засувки і шибери управління роботою прояснювачів має бути плавним.

Збільшення шару осаду за рахунок підняття осадоділювальних вікон на 1 м виявляється ефективним навіть при менших дозах коагулянту. Так, при зменшенні дози коагулянту з 12...8 мг/дм³ до 6,8 в такому прояснювачі викликало покращення каламутності з 13...19 мг/дм³ до 8...12 мг/дм³. Тобто прояснювачі з більшим шаром проясненого осаду працюють краще.

Ефективність роботи прояснювачів так само залежить від роботи збірно-розподільних систем. Перевагу слід віддавати конічному днищу з перфорованими трубами. Дірчасті днища працюють погано, так як отвори забиваються осадом і особливо при обробці каламутних вод. Для гасіння швидкісного потоку слід перфоровані труби присипати щебенем крупністю 30...50мм і висотою шару 100...120мм (рис.3.10). Така система дозволяє підвищити продуктивність прояснювача в 1,5 рази. Можлива присипка і більш дрібним щебенем (4...12 мм) з висотою шару 300 мм.

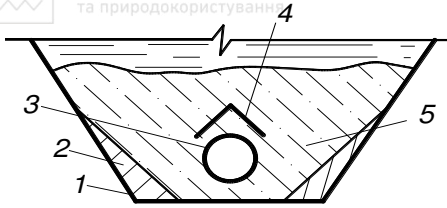


Рис. 3.10. Деталь розподільної системи коридорного прояснювача: 1 – днище прояснювача; 2 – бетон; 3 – подавальний трубопровід діаметром 150...200 мм з отворами діаметром 15 мм і кроком 118 мм; 4 – металевий захисний куточок; 5 – щербінь

Рівномірність збору проясненої води забезпечується горизонтальністю крайок водозбірних лотків або отворів в них або в водозбірних трубах. При експлуатації їх постійно потрібно прочищати

Застосування малої висоти осадження зменшує довжину шляху осадження, а отже підвищує продуктивність і ефект очищення води. В діючих прояснювачах із завислим осадом та відстійниках в зоні проясненої води можлива установка тонкошарових модулів, що складаються з безлічі похилих каналів. Модулі виготовляються з напівжорсткої полівінілхлоридної плівки товщиною 0,4...0,6 мм, що закріплюються в металевій обоймі у вигляді множини нахилених під кутом 60° V-подібних каналів з глибиною кожного 50...70 мм, шириною 100 мм, довжиною 600...1200 мм. Вони можуть бути виготовлені на місці слюсарями водопровідно-каналізаційного господарства. Тонкошарові модулі в зоні завислого осаду сприяють утворенню більш щільних пластівців, підвищенню ефекту очищення, забезпечують рівномірний розподіл вихідної води і збільшують коефіцієнт об'ємного використання до 0,9...0,92 з 0,65...0,7.

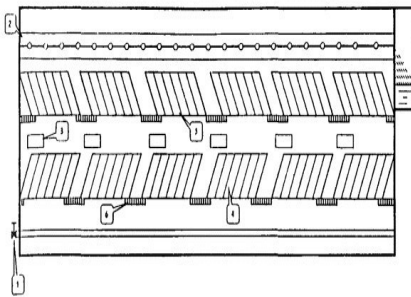


Рис. 3.11. Прояснювач із шаром завислого осаду з тонкошаровими модулями:

1 – подача вихідної води; 2 – збір проясненої води; 3 - осадовідвідні вікна; 4 – тонкошарові модулі утворення пластівців; 5 – тонкошарові відстійні модулі; 6 – попеєчні опори під блоки

В горизонтальних відстійниках рекомендується установка тонкошарових пакетів з віконного скла товщиною 4 мм (рис. 3.12).



Вихідна вода вводиться перфорованими трубами 2, проходить через паралельно працюючі тонкошарові пакети 1 і відводиться з середини всієї довжини відстійника колектором 4.

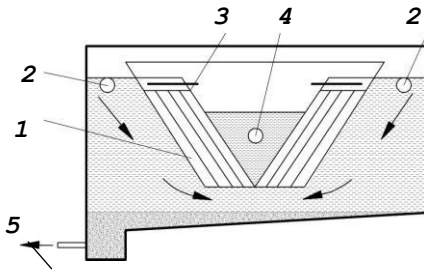


Рис. 3.12. Встановлення тонкошарового модуля в горизонтальний відстійник:

1 – пакет нахилених пластин; 2 – перфорований впускний колектор; 3 – труби відводу проясненої води; 4 – відвідний колектор; 5 – мулопровід

Приклад 1. Розрахувати навантаження на відстійник довжиною 18 м, шириною 2 м і висотою проточної частини 1,5 м, поздовжній ухил дна 0,1, повна висота в кінці відстійника 2,0 м. Каламутність вихідної коагульованої води становить 160 мг/дм^3 , ефект очищення – 95% з умовою затримання зависі гідравлічної крупності не нижче $U = 0,5 \text{ мм/с}$. У такому відстійнику середня швидкість потоку v дорівнює 4 мм/с, а навантаження $Q_n = F \cdot V_1 = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,004 \cdot 3600 = 43 \text{ м}^3/\text{год}$, де F – площа перерізу відстійника.

Встановлюємо вздовж відстійника два пакети похилих пластин з кутом нахилу 60° , шириною $B = 0,8 \text{ м}$, відстанню між пластинами $t_n = 0,04 \text{ м}$. Повна висота пакета з урахуванням розміщення у верхній частині трубопроводу для відводу проясненої води прийнята рівній висоті проточної частини відстійника $h_n = 1,5 \text{ м}$.

Довжина $L_n = L_0 - h/\cos 30^\circ - 2t = 18 - 1,5/\cos 30^\circ - 2 \cdot 0,2 = 15,85 \text{ м}$, де $t = 0,2 \text{ м}$ – монтажний зазор між пакетом і торцем стінки.

Пакети виготовляються з віконного скла товщиною $t_c = 0,004 \text{ м}$. Довжина пластин, м, визначається з виразу $L_1 = (h_n - h_e)/\cos 20^\circ$, де $h_e = 0,5 \text{ м}$ – відстань між верхом пакету і верхньою крайкою похилих пластин. Звідси $L_1 = (1,5 - 0,5)/\cos 20^\circ = 1,14 \text{ м}$.

Кількість комірок $n = L_n/(t_c + t_n) = 15,85/(0,004 + 0,04) = 360 \text{ шт.}$

Тривалість відстоювання $T = t_n \cdot 1000/(\sin 30^\circ \cdot U) = 0,04 \times 1000/(\sin 30^\circ \cdot 0,5) = 160 \text{ с}$. Максимальна швидкість потоку $v_{\text{макс}} = L/T = 1,14/160 = 0,00715 \text{ м/с}$. Навантаження на відстійник $Q = (3600 \cdot v_{\text{макс}}/K) \cdot 2 \cdot 0,755 \cdot n \cdot B \cdot t_n = (3600 \cdot 0,00715/1,7) \cdot 2 \cdot 0,755 \cdot 360 \cdot 0,8 \cdot 0,04 =$

272 м³/год, де K – коефіцієнт, що дорівнює 1,5...2,5. Таким чином, встановлення пакетів дозволить збільшити навантаження на відстійник більш ніж у шість разів. Крім того, відстійник збільшить ступінь очищення за рахунок затримання більш дрібних частинок з меншою гідравлічною крупністю. Для реконструйованого в прикладі відстійника при колишньому навантаженні $Q_n = 43$ м³/год максимальна швидкість потоку в комірках $v_m = Q_n \cdot 1000 \cdot 1,7/2 \cdot 0,755 \cdot n \cdot B \cdot t_n \cdot 3600 = 43 \cdot 1000 \cdot 1,7/2 \cdot 0,755 \cdot 360 \cdot 0,8 \cdot 0,04 \cdot 3600 = 1,18$ мм/с (0,00118 м/с). Критерій стійкості (число Фруда) повинен бути $F_r = v_m^2 / (g R) > 10^{-5}$, де $R = B \cdot t_n / [2(B + t_n)]$ гідравлічний радіус, м; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння. У нашому випадку $R = 0,8 \cdot 0,04 / 2 (0,8 + 0,04) = 1,9 \cdot 10^{-2}$; $F_r = 0,00118^2 / (9,81 \cdot 1,9 \cdot 10^{-2}) = 0,74 \cdot 10^{-5}$, тобто потік нестійкий і слід підвищити навантаження на відстійник. Приймаючи $F_r = 1 \cdot 10^{-5}$, отримаємо $v_m^1 = \sqrt{9,81 \cdot 1,9 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-5}} = 1,36 \cdot 10^{-3}$ м/с, а навантаження на відстійник повинно бути збільшено до $Q_n^1 = (0,00136 / 1,7) \cdot 2 \cdot 360 \cdot 0,755 \cdot 0,8 \cdot 0,04 \cdot 3600 = 52$ м³/год. Тривалість відстоювання $T'' = 1,14 \cdot 1000 / 1,36 = 840$ с. Гідравлічна крупність затриманої зависі знизиться до $U = 40 / (\sin 30^\circ \cdot 840) = 0,095$ мм/с.

На станціях невеликої продуктивності для підвищення ефективності першого ступеня можливий монтаж паралельно працюючої установки заводського виготовлення типу «Струмінь», яка складається з щільно укладених в циліндричну обойму труб діаметром 40...80 мм довжиною 2 м. При тривалості відстоювання 15 хв. та швидкості потоку 2 мм/с така установка знижує концентрацію зважених речовин з 400 до 45...50 мг /дм³.

Робота тонкошарових відстійників багато в чому залежить від рівномірного впуску і випуску води, що забезпечує ламінарний режим руху у трубах або між полицями і максимальне відділення рідкої фази від твердої. Досягають цього влаштуванням перфорованих труб з невеликими отворами для витікання води. Для гасіння турбулентного потоку, що випливає з отвору, над ним встановлюється півсфера з розрізаної наполовину труби. Відстань від низу труби до щитка-гасника приймається, $L = D / (2 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ)$, м, де D – діаметр труби, м. Втрати напору в розподільній трубі між першим і останнім отворами повинні бути менше, ніж в отворі. При



цьому швидкість потоку, м/с, у трубі приймається не менш замулюючої швидкості, а в отворі $v = \varphi \sqrt{2gH}$, де $\varphi = 0,97$ – коефіцієнт витрати; H – втрати напору в отворі, прийняті в межах 0,1...1,0 м. До збірної систему перфорованих труб вода надходить під гідростатичним напором, що визначаються глибиною занурення труб. Отвори діаметром 8...10 мм розташовують знизу труби. Перфоровані труби кріплять так, щоб їх можна було вільно витягти і при необхідності прочистити. Прояснену воду забирають бічними жолобами через затоплений водозлив або бічні щілини. Водозливи виготовляються з тонких заструганих дошок, які попередньо оброблені антисептуючими речовинами. Рівномірність відведення забезпечується підвищеною висотою шару проясненої води, влаштуванням додаткового опору з гравійної засипки або сітки. Підвищують ступінь очищення води тонкошаровим відстійником шляхом доочищення нижнього найбільш забрудненого потоку. Для цього між пластинами на виході встановлюється ділильна перегородка і жолоба з переливними водозливами для води різної якості. Верхній, найбільш чистий, потік відводиться на фільтр, а нижній – на повторне прояснення. Перед подачею води на тонкошарові відстійники з неї ретельно видаляється повітря. Для цього рекомендується встановлювати перед відстійниками гідравлічний дільник, який складається з відкритого лотка з похилими пластинами, які по черзі не доходять до верху і низу дільника, що забезпечує зміни напрямку потоку по вертикалі. Це створює опір в кінці лотка для здійснення підпору і вільної поверхні води. Несвоєчасне видалення осаду з відстійника відразу ж знижує ефект очищення. Видаляти осад можна періодично та безперервно. Відводять його під гідравлічним тиском з влаштуванням конічної осадкової частини (кут нахилу конічної поверхні 45...60°, зливний патрубок знаходиться у нижній частині), або плоскої частини з влаштуванням системи дренажних труб. Підвищити плинність осаду можна пристроєм внизу осадкової частини віброуючої решітки на еластичних опорах.

3.6. Інтенсифікація роботи фільтрувальних споруд



До швидких фільтрів та контактних прояснювачів пред'являються суворі вимоги, так як вони є заключними спорудами в схемах очищення, які зобов'язані забезпечувати підготовку води необхідної якості незалежно від ступеня її попереднього очищення. До найбільш важливих компонентів цих споруд, які забезпечують нормальну їхню роботу, відносять фільтруючу засипку і робочі режими (фільтрування, промивання).

Найбільше застосування в якості засипки фільтрів знаходить кварцовий пісок необхідного фракційного складу, родовище і розробка якого досить обмежені. Інтенсифікувати процес очищення води в зернистій засипці можна наступним чином:

- 1) обробляти воду різними коагулянтами і флокулянтами, домагаючись максимального зниження агрегативної стійкості суспензії, збільшуючи міцність і щільність осаду в порах засипки;
- 2) забезпечити оптимальні параметри фільтрування води;
- 3) фільтрувати воду в напрямку збільшення крупності зерен засипки;
- 4) застосовувати нові високоефективні зернисті фільтруючі матеріали.

Для забезпечення оптимальних параметрів фільтрування слід встановити швидкість, яка в найбільшій мірі відповідає гранулометричному складу і товщині засипки для води з конкретними фізико-хімічними показниками. На практиці швидкість фільтрування звичайно приймається у відповідності з діючими нормами залежно від проектних параметрів засипки. Однак, дуже часто на водоочисні станції надходить некондиційний кварцовий пісок. Зернистий матеріал слід розсіювати на необхідні фракції. Розсіювання проводиться на ситових грохотах. Продуктивність таких грохотів дуже низька, а при вологості піску більше 4...6% розсіювання на ситах з розміром 1мм практично припиняється.

На рис. 3.13 наведена найпростіша схема дробильно – сортувальної машини для виробництва керамзиту. За цією схемою керамзит з відвалу надходить в живильник, потім в валкова дробарка для подрібнення і бункер, з якого транспортером подається на ситової гуркіт для розсіювання на фракції. У процесі приготування завантаження виділяється велика кількість пилу,

поверхня валків швидко спрацьовується, а тому малий і непостійний вихід готової продукції, в готовому продукті багато пиловатих фракцій. В якості сортувальних машин можна використовувати пневморешіті універсальні зерноочисні машини СУ-0,1; ОВА-1, СВУ-1,25; СВУ-2,5; СВУ-5 з комплектом круглих або довгастих решіт з отворами розміром від 0,5 до 1,3мм з кроком 0.1мм і великими отворами з кроком через 0,2мм.

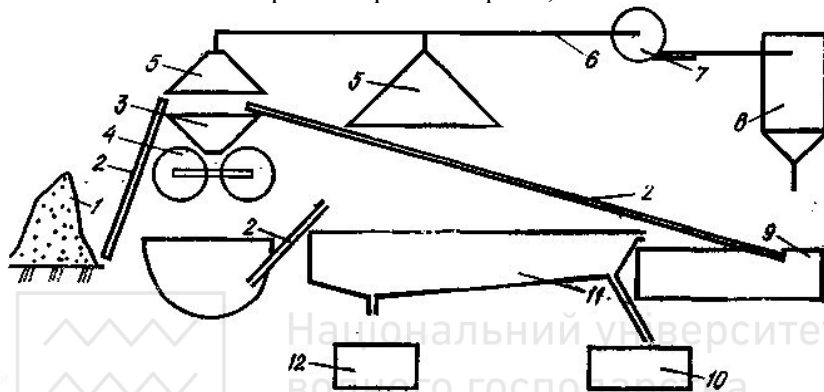


Рис. 3.13. Схема дробувально-сортувальної установки керамзиту.

1 – відвал керамзиту; 2 – транспортер, 3 – живильник, 4 – валкова дробарка, 5 – відсмоктувачі пилу; 6 – аспіраційні повітроводи; 7 – витяжний вентилятор; 8 – циклон; 9 – керамзит на повторне дроблення; 10 – готова продукція, 11 – ситовий гуркіт; 12 – відходи

Широке поширення в практиці має відмивання дрібних фракцій безпосередньо на фільтрах. Для цього проводять ситовий аналіз піску і визначають частку піску, який слід видалити. У фільтр завантажують вихідний пісок, промивають 5...6 разів, а потім лопатами акуратно знімають верхній шар піску. Потім завантажують наступний шар і знову видаляють дрібні фракції. Однак, цей спосіб не може забезпечити отримання необхідних фракцій. Найбільш доцільним можна вважати гідравлічний спосіб класифікації фільтруючої засипки у вертикальній проточній трубі з патрубками відбору відкласифікованої засипки і на гідрокласифікаторі АКХ (рис.3.14). Класифікатор являє собою горизонтальний відстійник з комірчастим днищем. У торець корпусу вводяться вода і пульпа піску, які змішуються і транспортуються в інший кінець корпусу. Пісок осідає і в



залежності від крупності збирається в осередках дна, з яких відсмоктується ежектором.

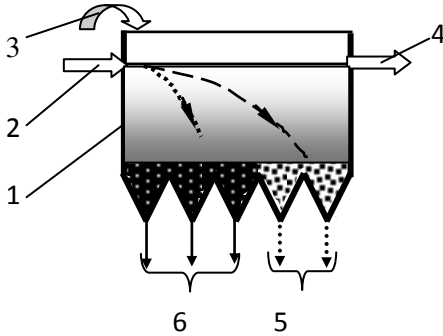


Рис. 3.14. Принципова схема гідрокласифікатора АКХ:

1 – корпус; 2 – подача води; 3 – подача пульпи кварцового піску; 4 – відвід води з піском крупністю менше 0,5 мм; 5 – ежекторне відсмоктування піску крупністю 0,5...1,3 мм; 6 – ежекторне відсмоктування піску крупніше 1,3 мм

Досвід реконструкції багатьох фільтрувальних станцій показує, що можна досягти підвищення більш ніж на 30% пропускної здатності фільтрів при одночасному збільшенні крупності зерен засипки і її товщини за рахунок збільшення швидкості фільтрування в оптимальному режимі до 10 м/год і тривалості фільтроциклу до 8 ч. З збільшенням еквівалентного діаметра зерен засипки на 0,15 мм повинна збільшитися орієнтовно на 0,5...0,7 м товщина шару фільтруючої засипки. Зазвичай на працюючих станціях така заміна засипки фільтрів можлива з видаленням підтримуючих шарів і заміною дренажної розподільної системи. При використанні більш однорідної грубозернистої засипки 0,9...1,2 мм з товщиною шару близько 1,0...1,2 м дуже великий відсоток піску фільтрів йде у відсів при підготовці фільтруючої засипки.

До 50-х років основними фільтруючими зернистими засипками для очищення води були кварцові піски, що важчі за воду і тонули в ній. Ці їхні властивості визначали типи й умови роботи фільтрів. Останнім часом на додаток до традиційно використовуваного матеріалу - кварцовому піску додалося багато нових матеріалів: керамзит, аглопорит, шлакова пемза, погорілі породи, вулканічні шлаки, базальтові та мармурові піски, гранодіорит, гранітний щєбінь, магнетитові кварцити, мінерал глауконіт, кліноптилоліт, цеоліт закарпатського походження, багато інших гірських порід [6,55]. Тип фільтруючої засипки, крупність її зерен та висота шару визначають найгірші якісні показники поданої вихідної води, ефект очистки, розмір фільтра або його продуктивність.



Кварцовий пісок буває обкатаним 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 повинний мати визначений 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 раніш 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 обл., Славутського домобудівного комбінату Хмельницької обл. (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 „Укрпромводчермет” на базі родовищ станції Просяної Запорізької обл. 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 0,63 мм, найбільший діаметр 1,6 мм, еквівалентний діаметр 0,8...1 мм, коефіцієнт неоднорідності 2, 4, вартість – 162,34 грн.

Антрацит не використовується як самостійна засипка. Частіше він використовується як верхній шар у двошарових фільтрах. Антрацит – це сировина металургійної і хімічної промисловості з щільністю 1,6...1,7 г/см³. Вартість його вище, ніж піску. При подрібнюванні варто одержувати частки кубічної форми. Грудковий антрацит невисокої якості може давати частки лускатої



форми, що не може використовуватися для засипки. Коефіцієнт форми зерна коливається в межах 1,64...2,51. Регенерація антрацитової засипки може бути незадовільною, а тому використання неї обмежено.

Керамзит, у тому числі і шунгизит, одержують шляхом випалу разом зі спучуванням глин, глинистих сланців, шунгизитовміщуючих, кремнеземистих опалових порід та інших в обертовій печі або в печі з «киплячим» шаром. Керамзит найбільш досліджений навіть у виробничих умовах і рекомендований до використання діючими нормами на проектування водоочисних споруд. Одержують його у виді гравію або піску, гравій можна подрібнити на більш дрібні фракції. Найбільше повно досліджені горілі породи, вулканічні шлаки, керамзит, що випускається Безмянським заводом (м. Самара), домобудівним комбінатом №2 (м. С-Петербург). Найбільш широко застосовують як засипку фільтрів подрібнений керамзит. Його одержують при подрібненні гранульованого керамзиту і наступного розсіювання його по фракціях. Гранульований керамзит випускається керамзитовими заводами у вигляді гранул крупністю 40мм. Багато заводів роблять розсів керамзиту по фракціях: 0...5, 5...10, 10...20, 20...40 мм.

Аглопорит являє собою сипучий пористий матеріал гравієподібної форми. Його одержують шляхом контактного спікання на ґратах агломераційних машин гранул піщано – глинистих порід, трепелів, різних алюмосилікатних матеріалів, глинистих вуглевмісних порід (відходи від збагачення вугілля, золи ТЭЦ).

Шлакову пемзу одержують поризацією розплаву шлаку металургійних і хімічних виробництв. Являє собою грудковий матеріал щебнеподібної або округлої форми.

Вулканічні шлаки відносяться до природних матеріалів. Вони являють собою комірчасту гірську породу вулканічного походження червоного, червоно-коричневого, коричневого, чорного кольорів. Залягають вони роздільно у виді щебеню і піску без великих домішок. Як фільтруючі засипки дозволені вулканічні шлаки Кармрашен–Мастаринського, Шенуайрського. Караундинського (Вірменія) родовищ. У Закарпатті (Сокирниця, Водиця), Закавказзі, Середній Азії відомі великі поклади природних цеолітів – туфу світло – сіруватого кольору.



Найбільш крупне родовище природних цеолітів розташоване в с. Сокирниця Хустовського району Закарпатської області. Цеолітовий туф цього родовища 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 плюс 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 34%, питому вагу 2,37 кг/дм³, питому поверхню 0,413 м²/г, сумарну природну активність природних радіонуклідів 144,4 Бк/кг, термічну стійкість до 700⁰С, вологість до 7%. Він може поставлятися в мішках розсортованим за фракціями $d_{80}=3$ мм, $d_{10}=1,1$ мм, $d_{екв}=1,4$ мм, $K_n=2,8$, $W_{636}=8,5$ л/(с м²) і в 2003р. вартість одної тонни цеоліту заводом “Цеоліт” становить 60 гривень. Застосування целіту в якості засипки фільтрів при підготовці питної води регламентовано технічними умовами ТУ 14.5-00292540.001-2001, є дозвіл Головного санепідемуправління Мінздраву України та Київського НДІ комунальної гігієни (лист № 5-02-28-1937 від 23.07.1979 р.).

Для знезалізнення можна використовувати засипки закордонного виробництва. *Birm* стандартний колір від темно-сірого до чорного, ефективний розмір 0,61 мм, коефіцієнт однорідності зерен 1,72. Вихідна вод повинна мати лужність в два рази більшою, ніж концентрація сульфатів і хлоридів; $pH = 6,8...9,0$; розчиненого кисню – не менше 15% частки заліза (чи заліза і марганцю). Магнофілт – складається з карбонатів кальцію і магнію, діє як катализатор при окислюванні Fe^{2+} до Fe^{3+} , у результаті утвориться нерозчинний гідроокис заліза. Магнетит (Магнетитовий кварцит) – природний мінерал на основі двоокису марганцю. Колір від темно-сірого до чорного, щільність 1,9 – 2,0 г/см³, ефективний розмір 1,5 мм, коефіцієнт однорідності 1,7. *Greensand* здатний ефективно видаляти залізо, марганець і сірководень з води шляхом окислювання в широкому діапазоні pH із наступним фільтруванням. Розчинене залізо і марганець окислюються і зв'язуються в результаті контакту з вищими оксидами марганцю гранул *Greensand*. Сірководень окислюється до нерозчинних сульфатів. Домішки затримуються засипкою.



Фізичні властивості деяких інертних зернистих матеріалів з діаметром зерен 0,5...1 мм наведені в таблиці 3.1. З таблиці видно, що більш легкі фільтруючі матеріали з замкненими внутрішніми порами мають, звичайно, більш високі пористість і зважувальну швидкість, мають більш високі фільтраційні й адгезійні властивості, а це впливає на основні технологічні показники.

Усі фільтруючі матеріали перед їх використанням проходять паспортизацію, у якій відбивають наступні питання:

- оцінка запасів і обсягів виробництва матеріалів;
- оцінка фізичних властивостей, хімічної стійкості і механічної міцності;
- гідравлічна характеристика — коефіцієнт форми зерен, гідравлічний опір, розширення при промивці;
- технологічна характеристика з техніко-економічної оцінкою, напіввиробничими і виробничими випробовуваннями;
- санітарно-гігієнічна оцінка і дозвіл на масове застосування органами санітарного нагляду (особливо при заміні).

Таблиця 3.1

Фізичні властивості важких зернистих матеріалів

Назва матеріалу	Насипна щільність, т/м ³	Пористість, %	Швидкість, що зважує, см/с
Кварцовий пісок	1,7	30...40	16...25
Скляна крихта	1,3	35...48	14...17
Фарфорова крихта	1,4	35...42	15...18
Керамічна крихта	1,6	36...46	14...15
Пісок: з керамзиту	0,5	49...64	11...12
аглопориту зольного	0,9	49...56	14...15
аглопориту лесового	1,0	48...54	13...17
шлакової пемзи	1,3	45...49	16
Доменного шлаку	1,5	43...44	12...14

продовження табл. 3.1

погорілих порід	1,6	38...41	13...15
Подрібнений антрацит	0,9	37...41	13...14

Для кожного типу фільтруючої засипки необхідно визначати:

- структурні показники – щільність, пористість, питому поверхню, коефіцієнт форми зерна;
- механічну міцність – умовна механічна міцність 1%, подрібненість не більш 4%, стираємість не більш 0.5%;
- хімічну стійкість – сухий залишок не вище 20мг/л, окислюваність за O_2 – не вище 10 мг/л, кремнійкислоти – 10 мг/л; окислів тривалентних металів – 2 мг/л;
- санітарно – гігієнічні показники – радіоактивність, спектральний аналіз матеріалу і водної витяжки (кількість шкідливих домішок, зміст токсичних мікроелементів і можливий перехід їх у воду).

Велика увага зараз приділяється відходам вуглевидобутку і вуглезбагачення (погорілі породи), відходам гірської промисловості, шлакам металургійної промисловості, відходам промисловості будівельних матеріалів, шлакам паливно-енергетичної промисловості. У залежності від умов утворень усіх цих відходів вони мають усілякий хімічний склад, міцність, щільність, а коефіцієнт форми зерна може бути набагато вище, ніж у піску. Більшість з них не може підходити, особливо за хімічним складом, як засипка фільтрів і використовувати їх можна після самих ретельних досліджень. Найбільш досліджені погорілі породи.

Фільтруючий матеріал з погорілих порід отримують шляхом подрібнення та розсіву на дробильно-сортувальних машинах. Всі матеріали з внутрішніми порами можуть бути подрібнені за допомогою:

- дробарок каналізаційних молоткових Д-3б;
- дробарок молоткових К-17053М;
- дробарок двухвалкових зубчастих ДШЗ x 250;
- дробарок валкових СМ-12;
- дробарок двухвалкових гладких ДВГ-3м;
- дробарок двухвалкових ДГ 600 x 400;
- кормодробілок КДУ-2.0 «України» (використовується для дроблення зернових кормів і мінеральних добавок);



• дробарок молоткових стаціонарних ММД-600 (використовується для подрібнення харчових продуктів типу цукру).

При подрібненні поруватої породи (рис. 3.15.) – зерно стає більш шорстким, з гострими кутами, внутрішні пори більш доступні і відкриті. Проте під час роботи в фільтрі кути згладжуються, зерно стає більш округлим і відповідно повинні змінюватись умови його роботи.

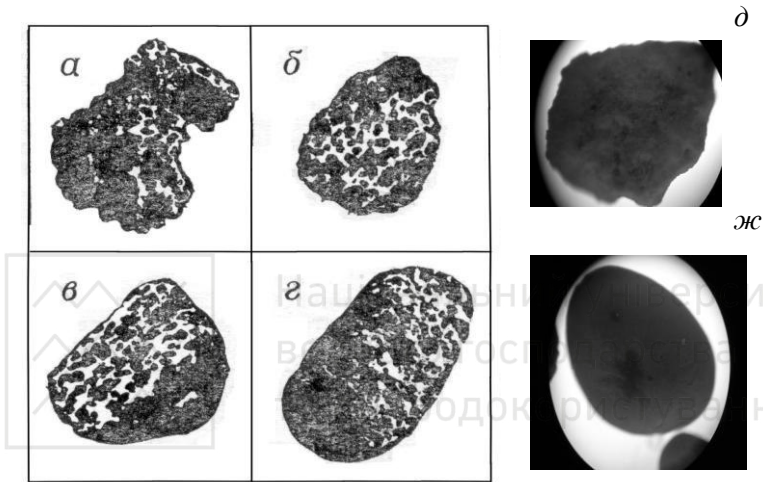


Рис.3.15. Зерна подрібненого керамзиту:

(*а* – нового; *б* – через 2,5 роки; *в* – через 4,5 роки; *г* – через 8 років) та целіту (*д* – нового; *ж* – через рік роботи)

При промиванні важких засіпок з достатньою інтенсивністю потоку проходить сортування зерен із розміщенням більш дрібних зерен в верхній частині фільтрів з важкою засіпкою та в нижній частині плаваючих фільтрів. Таке сортування більш відчутно при більшому значенні коефіцієнта неоднорідності, який на практиці приймається не менше 1,5...2. При коефіцієнті неоднорідності 1,1...1,2 такого сортування практично немає, засіпку можна вважати однорідною, крупність зерен можна збільшувати, проте вартість засіпки значно збільшувати через необхідність розсіювати великі об'єми і наявності великої кількості відсіву. В фільтрах „Аквазер” моделі *У* використовується зворотне промивання одночасно з горизонтальною, додатковою подачею повітря і без



розширення засипки, що також забезпечує однорідність по висоті неоднорідної засипки.

На деяких станціях позитивний ефект дає фільтрування води зі змінною спадною швидкістю. Це підвищує пропускну спроможність фільтрів на 25...50%. При цьому питомі витрати води на промивання не збільшуються, а якість води в цілому по станції знаходиться в межах встановленого стандарту. Пояснюється це тим, що швидкість потоку в порах засипки підтримується постійною за рахунок поступового замулення пор і скорочення пористості під час фільтрування. При цьому не слід встановлювати надто великий діапазон зміни швидкості фільтрування. Орієнтовно для засипки з еквівалентним діаметром зерен піску 0,7...0,8 мм її можна встановити на початку циклу 7, а в кінці – 5,5 м/год, для засипки з еквівалентним діаметром її зерен 0,8...1,0 мм на початку – 9,5, в кінці – 7 м/год.

Під час експлуатації швидких фільтрів можливе порушення умови оптимальності за рахунок подрібнення піску, виносу його під час промивання, зосередження на поверхні його дрібних фракцій, зменшення товщини шару засипки. Тому необхідна щорічна досипка фільтрів на 10% новим відсортованим піском і видалення дрібних фракцій товщиною шару 3...5 см.

Значне підвищення брудомісткості засипки дає фільтрування в напрямку зменшення її крупності, при якому забруднення затримуються не в першому шарі фільтруючої засипки товщиною 0,2...0,4 м, а практично у всій її товщі. Зміна напрямку фільтрування у швидких фільтрах на висхідний з рухом потоку води в напрямку зменшення крупності знижує пропускну спроможність фільтрів, тому що при швидкості фільтрування понад 5...6 м/год порушується статична стійкість зерен кварцового піску і погіршується якість фільтрату. На практиці це положення реалізується в двопотокових фільтрах або контактних прояснювачах.

Часто на станціях водопідготовки для інтенсифікації використовують принцип фільтрування через багат шарові фільтруючі засипки зі зменшуваними за ходом руху води еквівалентними діаметрами зерен засипки кожного шару. Найбільше застосування знайшли двошарові фільтри, на які досить просто переобладнаються звичайні швидкі фільтри з кварцовим завантаженням. В якості засипки двошарових фільтрів



використовується кварцовий пісок і антрацитову крихту. Оптимальне співвідношення фракцій антрациту і піску можна прийняти рівним 2,9. При цьому, щоб уникнути перемішування шарів, повинне приблизно витримуватись співвідношення

$$d_{a, \max} = K d_{n, \min} \sqrt{\frac{\gamma_n - 1}{\gamma_a - 1}} \quad (3.1)$$

де $d_{a, \max}$ – максимальний діаметр зерен антрациту, мм;

$d_{n, \min}$ – мінімальний діаметр зерен піску, мм;

γ_n – насипна щільність піску, т/м³;

γ_a – насипна щільність антрациту, т/м³;

K – коефіцієнт, прийнятий у залежності від крупності піску 1,8...2,2.

Границя шарів піску й антрациту повинна бути чіткою. У противному випадку збільшується опір засипки і знижується ефективність її роботи. Брудомісткість такої засипки в 1,6...4,0 рази більше, ніж засипки звичайного швидкого фільтра і не менш брудомісткості двопотокового. Витрати промивної води практично така, як у швидкого фільтра з кварцевою засипкою і на 20% менше, ніж у двопотокового. При промиванні двошарового фільтра варто поступово по черзі знижувати і підвищувати її інтенсивність, що охороняє шари від перемішування на границі їх розділу.

Звичайно у фільтрах використовують антрацит із зернами, близькими за формою до куба або кулі, але в окремих випадках на станції водопідготовки надходить антрацит, що дробиться на пластинки, і при класифікації на фракції багато його йде у відсівання. Тому останнім часом як верхній шар двошарової засипки використовують активоване вугілля АГ-3, що не вимагає попереднього розсіву і відмивання, проведених у фільтрі після завантаження під час спробних промивань. Товщина верхнього шару з антрациту або активованого вугілля приймається 0,4...0,5 м, але якщо в реконструйованому фільтрі висота до крайки жолоба недостатнє, можливо деяке зменшення цієї товщини.

Дефіцитність фільтруючих матеріалів приводить до того, що в двошарових фільтрах використовують усілякі зернисті інертні матеріали, компонуючи їхні шари так, щоб верхній складався з більш легких і великих часток. Удається підібрати навіть тришарові засипки (табл.3.2.), які складаються із шарів по 0,5 м і підвищують



брудомісткість більше, ніж при двошаровій засипці. Двошарові фільтри при швидкості фільтрування до 9 м/год у режимі прямооточного фільтрування дозволяють очищати до питної якості москворецьку, дніпровську води при вмісті до 60 мг/дм³ зважених речовин і з кольоровістю до 60 град. Крім того, при великому вмісті фітопланктону у вихідній воді найбільш надійними в порівнянні з одношаровими і двопотоковими фільтрами є двошарові, у яких планктон слабо зв'язує фільтруючу засипку і набагато легше відмивається.

Таблиця 3.2

Рекомендовані варіанти багатшарових засипок

Варіант	Шар		
	Нижній	Середній	Верхній
	Діаметр фракцій, мм		
	0,5...1	1...2	2...3
1.	Кварцовий пісок	Скляна крихта	Керамзит, пісок
2.	Шлак	Порцелянова крихта	Антрацит
3.	Керамічна крихта	Аглопоритовий пісок	Антрацит

Пінополістирол є принципово новою засипкою, що 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 Союзі виробництво полістиролу почалося в післявоєнні роки. Пінополістирол використовується практично у всіх областях народного господарства, як звуко- і теплоізоляційний матеріал, а полістирол – як матеріал, що замінює метал, картон і т.п.

Використання пінополістиролу в практиці водопідготовки почалося практично після видачі В.Г.Ільїну, С.И.Морозу, И.А.Гетьманові 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 3,0 мм. 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 виді сферичних часток, безбарвних або світлобілих, що містять 4,0...4,5 % пароутворювача, стиролу 0,25...0,30%. При домовленості з замовником його можуть поставлять розсіяним на фракції: 1 – більше 2,5 мм; 2 – від 1,4 до 2,5 мм; 3 – від 0,9 до 1,4 мм; 4 – від 0,4 до 0,9 мм; 5 – менш 0,4 мм. Товарний полістирол тоне у воді, але після обробки пором або гаряча вода стає плаваючим із щільністю 0,02...0,1 т/м³. На використання полістиролу як фільтруючої засипки фільтрів для очищення води є дозвіл Міністерства охорони здоров'я. При цьому, фільтр перед подачею води споживачеві повинний бути промитий водою протягом 10 годин. В результаті 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.

Фільтри з плаваючою засипкою можуть використовуватися в двоступеневих реагентних схемах прояснення і знебарвлення води після відстійників або прояснювачів із завислим осадом або в одноступеневих схемах в якості контактних пінополістирольних фільтрів. Пінополістирольний фільтр із висхідним фільтраційним потоком працює так (рис.3.16).

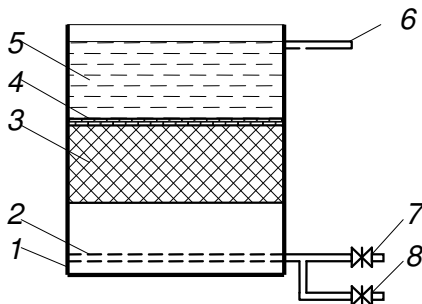


Рис. 3.16. Схема пінополістирольного фільтра з висхідним фільтраційним потоком:

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

Вихідна вода подається трубопроводом 7 у розподільну систему, рівномірно розподіляється по площі, проходить крізь пінополістирольну засипку й очищеною збирається в



надфільтровому просторі. В міру фільтрування засипка колюматується, закінчується фільтроцикл досягненням t_3 або t_n , фільтр переводиться в режим промивання шляхом закриття засувки на трубопроводі 7 і відкриттям засувки на трубопроводі 8. Чиста вода з надфільтрового простору йде вниз, розширює і відмиває фільтруючу засипку, збирається розподільною системою і скидається в каналізацію. Рівень води в надфільтровому просторі знижується і при досягненні рівня на 10см вище решітки промивка припиняється шляхом закриття засувки на трубопроводі 8. Фільтр переводиться в режим фільтрування для чого відкривається засувка на трубопроводі 7. Для зменшення висоти надфільтрового простору він влаштовується взаємозв'язаним або спільним для декількох фільтрів.

При каламутній вихідній воді (каламутність до 1200 мг/л) можна використовувати пінополістирольні фільтри із шаром зростаючого завислого осаду. Перед початком будь-якого фільтроциклу, після промивки в нижній частині фільтра варто залишати шар осаду, що під час фільтрування поступово зростає і затримує основну частину забруднень. У підфільтровому просторі фільтра на початок фільтроциклу повинний знаходитися шар завислого осаду висотою не менше 0,3 м при швидкості фільтрування не більше 2,3 м/год. Поступово швидкість потоку повинна збільшуватися, але не перевищувати 1,2 мм/з (4,3 м/год), а висота шару осаду не більше 3 м. У пінополістирольну засипку попадає вода, що включає завислих речовин 10...30 мг/л. В той же час, на початку фільтроциклу каламутність води на підході до засипки може бути 30 мг/л, а наприкінці – 20мг/л і менше. Проте, при досягненні осадом верхньої крайки засипки спостерігається різке погіршення якості води, що входить у засипку, а також фільтрату. Одночасно починають різко зростати втрати напору в засипці. Фільтроцикли закінчуються за t_3 при питній якості фільтрату протягом усього фільтроциклу.

В практиці водопідготовки можна використовувати пінополістирольні фільтри з низхідним фільтраційним потоком (рис.3.17). Вихідна вода в них подається в надфільтровий простір та профільтровується через неоднорідну пінополістирольну засипку зверху вниз, збирається розподільною системою і очищеною відводиться споживачу. Промивку фільтра проводять після заробки засипки чистою вихідною водою, яку окремим трубопроводом 7



подають в надфільтровий простір, а далі процес промивки йде як і в фільтрах з висхідним потоком. Конструкція і експлуатація фільтра значно ускладнюється. Проте в деяких випадках можна промивати фільтр вихідною водою і відмовитись від трубопроводу подачі чистої промивної води 7. Слабким місцем в конструкції є утримуюча решітка, яка може пропускати в надфільтровий простір гранули пінополістиролу. Брудомісткість засипки такого фільтра значно більша але через розширення засипки при швидкості фільтрування більше 5 м/год спостерігається погіршення якості фільтрату. Збільшити швидкість фільтрування дозволяє додаткова дренажна система, яка розташовується в товщі засипки і забирає фільтрат. Промивна вода так само забирається нижньою розподільною системою. Брудомісткість засипки трохи зменшується.

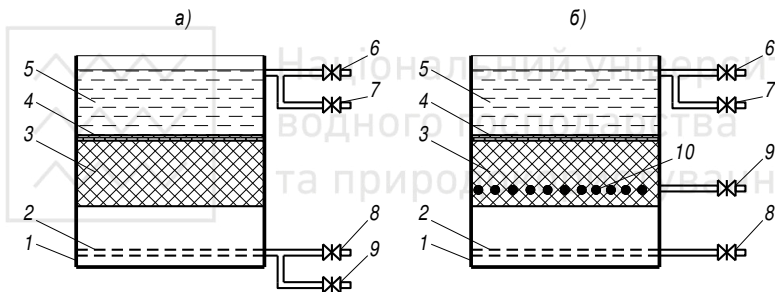


Рис. 3.17. Схеми пінополістирольних фільтрів з низхідним фільтраційним потоком:

1 – корпус; 2 – нижня розподільна система; 3 – пінополістирольна засипка; 4 – утримуюча решітка; 5 – надфільтровий простір; 6 – трубопровід подачі вихідної води; 7 – трубопровід подачі промивної води; 8 – трубопровід відводу промивної води; 9 – трубопровід відводу очищеної води; 10 – середня дренажна система

Реконструкція кварцового фільтра на Держинській фільтрувальній станції проводилась в весняно-літній період 1977 року. З фільтра була викинута піщана засипка, підтримуючі шари та розподільні жолоби. Нижня розподільна система залишалась старою але в верхній утворюючій відгалужень були просвердлені отвори діаметром 20 мм з відстанню між ними 0,4...0,5 м. Утримуюча решітка була виконана з рівнобічних кутників з полкою 125 мм за периметром, двома швелерами N22 в середині і

перпендикулярно їм через кожний метр рівнобічними кутниками з полкою 50мм. Вільні простори затягувались сіткою квадратного плетіння з вічком 4мм та товщиною дротів 1,5 мм. Закріплення сітки до кутників забезпечувалось болтами і полосовою сталлю (рис.3.18).

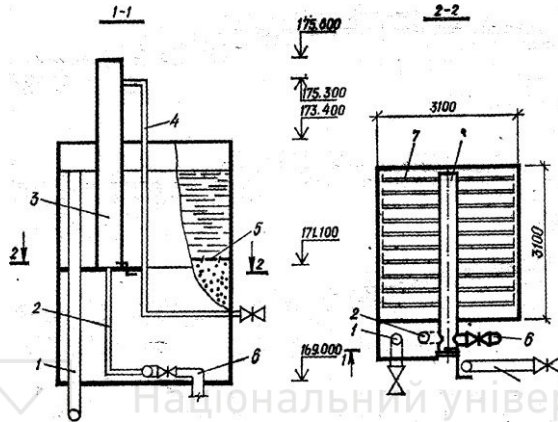


Рис. 3.18. Реконструкція Дзержинської фільтрувальної станції:

1 – відвід фільтрату, 2 – подача вихідної води в розподільну систему, 3 – повітрявіддільвач, 4 – подача вихідної води, 5 – утримуюча решітка, 6 – відгалуження, 7 – колектор

Для можливості огляду нижньої розподільної системи в утримуючій решітці був зроблений люк. Передбачалось, що швелер буде виконувати роль верхнього збірного лотка і буде направляти потік освітленої води через отвір в стінці в боковий карман.

Засипка виготовлялась з полістиролу марки ПСВ-с, який був розсіяний на лабораторних ситах на фракцію 0,25...0,5 мм. Спучування полістиролу робилось в об'ємі гарячої води в металевій бочці діаметром 550 мм заввишки 800 мм. Нагрівання забезпечувалось електроплиткою на 3 кВт. Продуктивність цього способу дорівнювала 30...40 кг полістиролу на годину. Спучений полістирол промивався холодною водою в баку місткістю 1 м, трохи підсушувався на спеціальному ситі і направлявся на склад.

Завантаження пінополістиролу проводилась через люк при наявності води в фільтрі шаром 0,4 м. Після завантаження, закриття люку, фільтр наповнювався через нижню систему водою, що забезпечувало повільний вихід повітря з засипки. Після заповнення



надфільтрового простору водою, проводили промивання з повторенням цієї операції декілька разів. Це забезпечувало гідравлічне сортування засипки. Під час промивання спостерігалось випливання через сітку малих фракцій пінополістиролу, приблизно 50...100 штук за одну промивку. Потім фільтр був захлорований на протязі доби водою, в якій підтримувалась доза активного хлору 20...30 г/см³. Через добу фільтр знову декілька разів був ретельно промитий. Вихід мілкового пінополістиролу через сітку поступово стабілізувався, зменшився десь до 10...20 штук за промивку, але надалі був практично постійно. Восени 1977 року фільтр був запущений в постійну експлуатацію. За бактеріологічними показниками вода після пінополістирольного фільтра мала кількість бактерій до 0...30 шт в 1см³ води, колі-індекс не перевищував трьох.

Промивання фільтруючої засипки проводилась низхідним потоком проясненої води з надфільтрового простору. При цьому подача вихідної води на фільтр не припинялась. Інтенсивність промивання дорівнювала 10...12 л/(с·м²). Так як висота шару води в надфільтровому просторі складає 1,0 м і її не вистачає на повне промивання, то використовувались або пульсуюча або декілька промивань. При пульсуючій промивці промивна засувка під час промивання відкривається та закривається два-три рази. Проте все ж таки промивної води не вистачало, засипка повністю не відмивалась, про що свідчило зростання початкових втрат напору. Тому періодично приходилось проводити дві-три промивки підряд, тобто зразу ж після переведу фільтра в режим фільтрування і наповнення надфільтрового простору водою фільтр переводився в режим промивки. Таким чином, досягалась достатньо добра відмивка засипки. Декілька разів не встигали закрити промивну засувку і був незначний виніс пінополістиролу. Пробі фільтруючої засипки були взяті через 1,5 роки після знаходження його в експлуатації. Колір гранул змінився і став не яскраво білий, а жовтий. Значного збільшення густини гранул не спостерігалось. Гранули на протязі їх роботи не деформувались і не стерлись. В товщі засипки не спостерігалось накопичення залишкових забруднень. Утримуюча решітка була в хорошому стані.

За проектом на Сокольському блоці передбачена двоступенева реагентна схема очистки з прояснювачами із завислим осадом і швидкими фільтрами, яка за тими самими причинами, що й на



Станційному блоці, погано працювала. На очистку подавалась вода Зеленоярського водосховища, яке забезпечує водою м. Керч.

Починаючи з 1979 по 1993 роки, йшла реконструкція блоку, з переводом його на одноступеневу схему з контактними пінополістирольними фільтрами. Проектна продуктивність блоку була 3000 м³/добу. В результаті реконструкції передбачалось підвищити продуктивність блоку до 12000 м³/доб., для чого планувалось перевести на контактні пінополістирольні фільтри швидкі кварцеві фільтри і прояснювачі із завислим осадом.

Перед реконструкцією кожного фільтру готувалась пінополістирольна засипка із полістиролу марки ПСВ п'ятої і 15% третьої фракції, який спінювався в об'ємі гарячої води. Готова засипка мала фракції розміром 0,5...3,0 мм. Потім із фільтрів виймалась кварцова засипка, підтримуючі шари, водозбірний жолоб, поліетиленові відгалуження, які прикріплювались фланцевим з'єднанням до сталевго колектору. В відгалуженнях робились в нижній твірній отвори діаметром 20 мм із кроком від 90 до 110 мм (чим ближче до колектору, тим більше крок). Після цього відгалуження знову ставилось на місце. Для утримання пінополістиролу в притопленому стані всередині фільтра монтувалась решітка із рівнобічних кутників з полкою 140 мм за периметром і швелера №22 в середній частині вздовж довгої сторони. В вільному просторі між швелером і бічним кутником із кутників з полкою 45 мм робились вічка розміром 0,5×0,85 м, або 0,6×0,85 м. Кожне вічко закривалось мілковірковою (вічко 0,3 мм) латунною сіткою, яка прикріплювалась болтами до кутників і швелерів з встановленням для щільності полосової гуми (рис. 6.4). Збір фільтрованої води передбачався вертикальною сталевго трубою із горизонтальною крайкою, яка встановлювалась в центральній частині фільтру. Трубопровід виводився за межі фільтру через існуючий отвір та з'єднувався через засувку з колектором чистої води. Сифон в верхній частині мав трубку Ø25 мм, яка виводилась до крайки фільтру. Такий пристрій запобігав виходу пінополістиролу при спорожненні фільтру. Інші обв'язочні трубопроводи були повністю видалені. Для забезпечення взаємопов'язаності надфільтрового простору в суміжних перегородках фільтрів робились отвори розміром 0,07×0,25 мм. Після завершення перелічених будівельно-монтажних робіт через



люк засипався пінополістирол, при цьому в фільтр напускалась перед цим вода з товщиною шару 0,5 м. Потім люк закривався, а через нижню дренажну систему подавалась вода. Рівень води в фільтрі підіймався, одночасно із засипки виштовхувалося повітря, після наповнення надфільтрового простору фільтр переводився в режим промивки шляхом відкриття промивної засувки. Засипка розширювалась, відмивалась від дуже дрібних фракцій, сортувалась, бульбашки повітря також підіймалися догори і виходили із засипки або накопичувались в верхніх шарах. При досягненні рівнем води решітки промивка припинялась і знову наповнювався надфільтровий простір водою, потім знову повторювались ті ж самі операції декілька разів до повного видалення повітря. Потім фільтр на протязі доби хлорувався дозою 50...100 г/м³, знову промивався і запускався в експлуатацію.

Контроль товщини засипки здійснювався спеціально сконструйованим пристроєм у вигляді диска на дроті, який пропускався крізь сітку. Звичайно диск лежав на дні фільтру, а при необхідності вимірювання товщини засипки він підтягувався до поверхні засипки, по довжині дроту визначалась товщина. Надфільтровий простір обладнувався мірною рейкою, а до трубопроводу подачі вихідної води підключався п'єзометр.

В останні роки вода на очистку подавалась з каламутністю не вище 3 мг/л, а кольоровістю не вище 70...75 градусів. З серпня 1993 року всі фільтри почали постійно працювати, а надфільтровий простір був взаємопов'язаний отворами, які були розташовані на 0,5 м вище решітки. Швидкість фільтрування на фільтрах була змінною, падаючою до кінця фільтроциклу і в середньому дорівнювала 6,4 м/год. Якість фільтрату відповідала вимогам до питної води. В залежності від якості промивної води виконувались промивки, але почергово, згідно графіка. Звичайно кожний фільтр промивався один раз в дванадцять годин, при погіршенні якості вихідної води цей інтервал зменшувався до 8 годин. Таким чином, практично завжди, обслуговуючий персонал промивав будь-який фільтр кожні чотири години. За час між промивками втрати напору не досягали граничних втрат напору на 10...12%, а якість фільтрату не погіршувалась.

Промивання фільтрів проводилась на протязі 3...4 хв з середньою інтенсивністю 11,5 л/(с·м²). При цьому рекомендувалось подачу



вихідної води на фільтр, який промивається, скорочувати навпіл, але обслуговуючий персонал цього практично не робив. За час промивки рівень в надфільтровому просторі знижується на 60 – 65 см. Рівень води в фільтрі, який промивається, був на 5...10 см нижче, ніж в працюючих фільтрах. Помітних течій води до перепускних вікон не спостерігалось. Якщо ж продовжити промивку, то при доходженні рівня води до пропускних вікон, з'являється незначні течії, але вони не стають турбулентними і залишаються весь час досить повільними, поверхня води в фільтрах залишається практично горизонтальною без застійних і мертвих зон. Головне, що виносу пінополістиролу не було під час промивки ні в каналізацію, ні в надфільтровий простір.

Контактні прояснювачі конструктивно відрізняються від швидких фільтрів тим, що мають великі загальну висоту і висоту фільтруючої засипки. До них також інакше підключають трубопроводи. Вихідну воду подають знизу, а відводять зверху. Проте якість фільтрованої води дуже низька, тому перші його порції зливають в каналізацію. Швидкість фільтрування може бути до 5,5 м/год в нормальному режимі, 6 м/год – у форсованому. Тривалість спуску першого фільтрату приймається 10...12 хв. Інтенсивність подачі води на промивання приймається 15...18 л/(с·м²), тривалість промивання – 7...8 хв. Висота фільтруючої засипки призначається 2,3...2,7 м, крупність зерен – 0,7...5 мм (еквівалентний діаметр 1,0...1,3 мм), підтримуючі шари приймаються такими, як у швидких фільтрах. Можна використовувати контактні прояснювачі без підтримуючих шарів з трубчастої, комірчастої розподільчою системою і горизонтальним відведенням промивної води. Проте швидкість фільтрування в нормальному режимі до 5 м/год не завжди оправдана і для інтенсифікації роботи споруд потребує уточнення. Досвід показує, що слід встановлювати швидкість фільтрування 6 м/год при концентрації завислих речовин у вихідній воді 10...15 мг/л, 5 м/год при їх кількості до 40...50 мг/л, 4,5 м/год – при вмісту зависі до 100 мг/л, а при концентрації зависі вище 100 мг/л – швидкість фільтрування до 3,5 м/год.

Одним із змінних елементів прояснювача є засипка, яка при наведеному гранулометричному складі і швидкості фільтрування вище 5,5...6,0 м/год починає розширюватись і в результаті



погіршується ефект очищення. Зміна гранулометричного складу засипки рекомендується в такому співвідношенні: нижній шар завтовшки 0,6 м завантажується піском крупністю 1...2 мм, а верхній завтовшки 1,3 м – піском з діаметром зерен 0,5...1,0 мм, що збільшить швидкість фільтрування до 7 м/год. При цьому верхній шар засипки завтовшки приблизно 0,75 м буде в текучому стані, але нижче розташована дрібна і однорідна засипка в 55 сантиметровому шарі забезпечить очищення води.

Фільтрування із змінною від 7,0 до 5,5 м/год швидкістю фільтрування забезпечує глибоке очищення малокаламутної і кольорової Невської води на протязі 16 год і більше. При достатньо висоті прояснювача можливо використання дрібнозернистої та неоднорідної засипки діаметром 0,5...0,77 мм при збільшенні її товщини до 2,8 м із підняттям швидкості фільтрування до 6...7 м/год. Попередити верхній шар від статичної нестійкості дозволить, як в двопотокових фільтрах, спеціальний дренаж, що знаходиться нижче верхньої крайки засипки. Це дозволить збільшити швидкість фільтрування до 8...9 м/год. У випадку, коли 80% фільтрованого потоку забирається цим дренажем, а 20% потоку – жолобами, можливе збільшення швидкості фільтрування до 10 м/год. Проте через складності експлуатації такі контактні прояснювачі практично не мають розповсюдження.

Підтримуючі шари в прояснювачі активно приймають участь в процесі очищення (особливо шар з крупністю 8...12 мм). Проте саме вони погано відмиваються під час промивання і при недостатній інтенсивності не розширюються і не перетираються. В той же час при великій інтенсивності можливий зсув шарів та перемішування. Тому можна відмовитись від підтримуючих шарів, а прийняти засипку з більш крупного піску діаметром фракцій 1,2...2,0 мм завтовшки 2,3 м. Така засипка збільшить швидкість фільтрування до 9...12 м /год без текучих верхніх шарів, хоч можливе деяке зниження якості фільтрату.

Інтенсифікує процес очищення крупнозерниста засипка з підвищеною товщиною в безгравійному контактному прояснювачі. При цьому слід використовувати водоповітряне промивання, без підтримуючих шарів, з трубчастою, комірчастою розподільною системою та горизонтальним відведенням промивної води. При низькому, горизонтальному відведенні води, промивний потік, що

2,3...2,7 л/(с·м²) упродовж 6 хв; промивання тільки водою з інтенсивністю 5,5...6,0 л/(с·м²) упродовж 5...6 хв.

Порівняння роботи звичайного і наведеного вище прояснювача на водопроводах Колпіна і Череповца показало перевагу останнього через збільшення продуктивності і скорочення витрат промивної води. При цьому кольоровість вихідної води коливалась від 50 до 120 град, а каламутність від 2 до 10 мг/дм³; доза коагулянту змінювалась в залежності від якості вихідної води від 65 до 90 мг/дм³, кольоровість фільтрату не перевищувала 16...20 град, каламутність – 0,4 мг/дм³.

Для інтенсифікації процесу очищення та збереження статичної стійкості фільтруючого шару в верхній його частині влаштовують стабілізатори, наприклад, з пруткові сталі сітку з вічком 0,1...0,15 м. Таке рішення на Череповецьком водопроводі збільшило максимальні втрати напору в 1,5...1,8 раза.

В окремих випадках можна замінити пісок на подрібнений керамзит з більшою крупністю зерен, з більшою швидкістю фільтрування. Таку заміну провели на станції контактних прояснювачів Саратовського водопроводу. Реконструйований прояснювач мав два відділення з площею 39 м², керамзит мав еквівалентний діаметр 1,66...1,73 м і висоту шару 2,0 м (в контактних прояснювачах з кварцовим піском еквівалентним діаметром 1,02 мм). Максимальні втрати напора в керамзиті доходили до 0,254 м, проти 1,96 м в кварцовому піску. Одночасно зменшувались витрати промивної води з 7,4 до 7,05 м³ на м² за рахунок зменшення інтенсивності промивання з 13,7 до 9,8 л/(с м²).

При застосуванні контактних прояснювачів без підтримуючих шарів можна застосовувати безгравійну комірчасту розподільну систему, яка забезпечує стійкий режим потокорозподілу при промиванні і фільтруванні за рахунок постійного витоку води гідродинамічно стійке середовище (рис.3.20). Вода в режимі фільтрування і промивання однаково подається перфорованими трубами 3, при цьому отвори направлені донизу, знаходяться в комірках, що утворені повздовжніми і поперечними перегородками. В кожній комірці є два отвори, через які, вода поступає у вільний об'єм комірки, а далі через пройми між дном і нижніми крайками повздовжніх перегородок направляється в засипку.

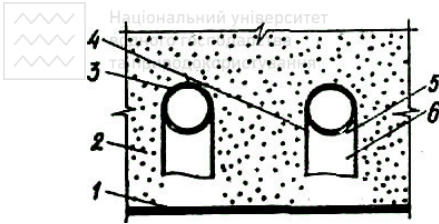


Рис. 3.20. Комірчаста розподільна система:

1 – днище; 2 – фільтруюча засипка; 3 – розподільні труби; 4 – повздовжні перегородки; 5 – отвори; 6 – поперечні перегородки

Промивання або регенерація фільтруючої засипки швидких фільтрів є найбільш важливою операцією в їхній роботі. Завдяки їй забезпечується змив з поверхні зерен забруднень, відновлення фільтраційних і адгезійних властивостей засипки. Якісної відмивки засипки досягають використанням ефективних методів промивання, застосуванням ефективних дренажно-розподільних систем.

У процесі промивання відбувається розширення засипки, тертя її зерен одне об одне і відрив налиплих забруднень, винос їх з промивним потоком у каналізацію. При цьому можуть з'являтися такі небажані явища, як погане розширення фільтруючих шарів, неякісна їх відмивка, поступове зростання залишкових забруднень, поява брудових грудок, при фільтруванні відбуваються їх транспортування усередину засипки, струменевий характер руху промивного потоку, особливо на початку промивання, що викликає зсув підтримуючих шарів.

Зимон А.Д. вказує, що для відриву часток необхідна швидкість потоку більша за

$$V_{\text{відр}} = \sqrt{\frac{8 \cdot \mu_T \cdot F_y}{\pi \cdot C_x \cdot \rho \cdot d^2}}, \quad (3.5)$$

де ρ – густина води,

d – діаметр часток,

μ_T – коефіцієнт тертя,

C_x – коефіцієнт опору часток потоку,

F_y – сила, що утримує частку на поверхні.

З рівняння виходить, що фільтруючі засипки, що краще затримують завись і мають більше F_y та μ_T потребують більшу швидкість для відриву часток. Тобто, при більших коефіцієнті форми зерна і висоти виступів потрібна більша швидкість, місце

розташування часток (у виїмці чи на виступі) також впливає на швидкість. Так як вода має найбільшу густину при 4 градусах, то ця швидкість буде найменшою саме при такій температурі і буде збільшуватись при підвищенні температури. Пухкі і великі частки (діаметр і коефіцієнт опору) будуть відриватися при меншій швидкості. Ймовірно, що на коефіцієнт опору буде впливати і розмір зерен засипки – при менших діаметрах спостерігається більший опір і менша потрібна швидкість.

В той же час, в середньому швидкість потоку вздовж зерен

$$V_{відр} = \omega / 10^3 \cdot m, \quad (3.6)$$

де $V_{відр}$ – швидкість, м/с;

ω – інтенсивність промивання, л/(с·м²);

m – пористість, в частках.

При більшій пористості засипки при тій самій інтенсивності буде більша швидкість, а достатня чи ні для відриву забруднень буде вже залежати від сили, що утримує забруднення, та коефіцієнта шорсткості. Проте при інтенсивності більшій за зважувальну швидкість засипка буде розширюватись, при більш легкій засипці потрібна менша зважувальна швидкість (буде впливати щільність зерен) і відповідно буде більше відносне розширення при тій самій інтенсивності

$$e = (L - L_0) 100 / L_0, \quad (3.7)$$

де L – висота засипки, що розширилася,

L_0 – висота засипки в щільному стані.

Чим більше інтенсивність промивання, тим більше розширюється засипка та більше відносне її розширення. Для кожної крупності зерен засипки існує оптимальна інтенсивність промивання і відносне розширення засипки, при яких буде найкращий ступінь відмивання зерен засипки. Звичайні інтенсивності промивання, що приймаються на практиці, вище чим гідродинамічна стійкість фільтруючої засипки (у перерахунку на інтенсивність 3...4 л/(с·м²). При більш легких нових фільтруючих матеріалах необхідна менша інтенсивність для їхнього розширення й відмивання забруднень завдяки швидкості потоку й тертю зерен одне об одне.

В той же час, на початку промивання в результаті кольматації пористість зменшується, а тому із формули (3.6) розрахункова швидкість потоку буде значно меншою, ніж при чистій засипці.



Чим більше буде закальматована засипка, тим менша пористість і тим більша потрібна швидкість потоку, менша можливість відриву забруднень. Таким чином, може відбутись розрив суцільного шару засипки, можуть з'являтись струмені в якихось місцях засипки, які в першу чергу будуть руйнувати щільний шар засипки і забруднень, зможуть виносити зерна в одних місцях, а в інших місцях не зможуть руйнувати щільні скупчення (засипка – забруднення) і будуть утворюватись брудові грудки. Занадто довгі фільтроцикли також, як і більш повне насичення порового простору при фільтруванні в напрямку зменшення крупності зерен, зменшують пористість засипки, значно ущільнюють пластівці осаду, підвищують ймовірність утворення брудових грудок в початковий період промивання, і, особливо, це негативно при дрібнозернистій засипці. Із рівняння (3.6) виходить, що для забезпечення необхідної для відриву забруднень швидкості на початку промивання в період зменшеної пористості слід забезпечувати більш високу інтенсивність промивання. Так само, як для відмивки шарів, які не розширюються, відрив забруднень проходить тільки за рахунок омиваючої швидкості і потрібна більша інтенсивність промивання.

При визначенні тривалості і інтенсивності промивання, у першу чергу, варто побудувати графіки залежності каламутності промивної води від тривалості промивання і різної її інтенсивності. Такі графіки будуються за експериментальним даним, що полягають у доборі проб промивної води через кожні 0,5 хв із початку промивки. В оптимальному режимі промивання в перші 0,5...1,5 хв спостерігається різке збільшення концентрації зависі в промивній воді і настільки ж різке наступне її падіння. Закінченням промивання є момент, коли в промивній воді концентрація зависі не буде перевищувати 10...30 мг/л. Плавні підвищення і зниження концентрації зависі в промивній воді вказують на недостатність інтенсивності промивання, але і надмірно велика інтенсивність її збільшує витрату промивної води і викликає винос піску в каналізацію.

Втрати напору, звичайно, вважаються однаковими на будь-якому шляху в підтримуючих шарах, у засипці й отворах. Проте, це тільки теоретично, практично відхилення є. Про умови утворення потоків в засипці вже сказано, підтримуючі шари знаходяться під впливом з одного боку потоків в засипці, а з другого – потоків, що виходять із

отворів розподільної системи. З обох боків можуть бути відхилення в інтенсивності і, в результаті, можливі зсуви окремих шарів, перемішування дрібних і більш великих зерен, подальше поглиблення цих процесів і швидке нарощування нерівномірності промивки. І все ж найбільш важливе значення для розподілу потоків і забезпечення рівномірності промивання має розподільна система.

Теорія промивання фільтрів розроблена Д.М. Мінцем та С.О. Шубертом. При промиванні розширений шар засипки знаходиться в стані динамічної рівноваги під дією сили ваги засипки та гідродинамічної сили промивного потоку. Тому на основі експериментальних даних слід встановлювати взаємозв'язок коефіцієнту опору та числа Рейнольда. В умовах виконання закону лінійної фільтрації Д.М. Мінц та С.О. Шуберт дають значення критичної швидкості

$$V = \frac{(\rho_3 - \rho_1) \cdot g \cdot d^2 \cdot m^3}{184 \cdot \mu \cdot \alpha^2 \cdot (-m)}, \quad (3.8)$$

де ρ_3 – густина матеріалу засипки, г/см³;

ρ_1 – густина води, г/см³;

μ – динамічна в'язкість, г/см с;

α – коефіцієнт форми зерна;

d – діаметр зерна, мм;

m – пористість засипки.

Таким чином, для досягнення того самого відносного розширення засипки інтенсивність промивання (швидкість потоку) необхідна більша для більш важкої засипки, більш високої температури промивної води, меншого коефіцієнта форми зерна.

Покращення відмивки важкої засипки досягається такими способами

- водяною з додатковою, поверхневою;
- заглибними струменями;
- водоповітряної;
- водоповітряною без розширення засипки;
- пульсуючої;
- з інтенсивністю, що чергується по площі фільтра.

Додаткове поверхневе промивання з інтенсивністю 3...4 л/(с·м²) при напорі від 30 до 40м проводиться через спеціальну розподільну

систему з труб діаметром до 50 мм (рис. 3.21), що підвішується до існуючих жолобів. Таке промивання зменшує можливість зсуву гравійних шарів і підвищують ефективність відмивки за рахунок руйнування брудових скупчень і інтенсивного відмивання засипки у верхніх, найбільш забруднених шарах. Промивна вода виходить з ковпачків на поверхню засипки струменями, спрямованими під кутом 30...90° до поверхні засипки. Тривалість верхнього промивання 2...3 хв. Потім додатково включається звичайна нижня з невеликою інтенсивністю, що забезпечує розширення засипки на 10...15%. Через 2...3 хв інтенсивність нижнього промивання збільшують до звичайної, через 1...2 хв верхню припиняють, через 0,5 хв закінчують нижню промивку. При цьому витрати промивної води в цілому без змін.

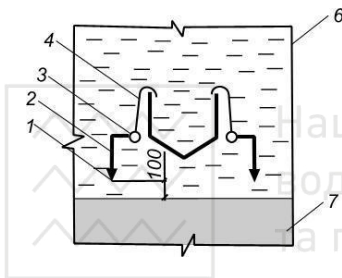


Рис. 3.21. Стационарна система для верхнього промивання:

1 – ковпачок; 2 – ніпель; 3 – розподільча труба; 4 – підвіски до жолобів 5 – жолоб; 6 – стінка фільтра; 7 – фільтруюча засипка

Промивання заглибними струменями забезпечує послідовне поступове промивання вроздріб усєї площі фільтра спеціальним пересувним пристроєм, що подає під великим напором у товщу засипки струмінь промивної води. У зоні її дії забруднення відмиваються від зерен, над поверхнею засипки створюється горизонтальний потік, що несе промивну воду і забруднення. Такий спосіб промивання дозволяє при необхідності змінювати тривалість промивання окремих ділянок фільтра, використовувати нефільтровану воду, зменшувати гідравлічне сортування зерен.

Водоповітряне промивання дозволяє підвищити її ефективність і трохи знизити витрати промивної води. При цьому потрібна установка повітродувок. Водоповітряне промивання, звичайно, застосовується, якщо водяне не забезпечує належної якості відмивання засипки. Підвищений ефект відмивання пояснюється тим, що швидкість пухирців повітря в засипці набагато вище швидкості потоку промивної води і це забезпечує більш інтенсивне



відтирання зерен, крім того, пухирці повітря створюють місцеве збільшення швидкості потоку промивної води. Роздільне промивання – спочатку продувка засипки повітрям, а потім водою, дозволяє використовувати ту саме дренажно-розподільну систему але ефект одержують менший, чим при спільній. Спільна промивка вимагає спеціальної розподільної системи для повітря або реконструкції існуючої дренажної системи. При цьому можливий винос зерен засипки.

Інтенсивність і тривалість подачі води і повітря коливаються в широких межах. Їх встановлюють індивідуально для конкретних умов на підставі експериментальних даних. Найбільше часто використовується триступенева промивка, яка полягає в продувці повітрям з інтенсивністю $15...20 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ протягом $1...2 \text{ хв}$, потім спільна подача повітря тієї ж інтенсивності і води з інтенсивністю $2,5...3,0 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ протягом $4...5 \text{ хв}$, а потім промивка тільки водою з інтенсивністю $5...6 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ протягом $4...5 \text{ хв}$.

В окремих випадках більш доцільна двоступенева промивка, коли на першому етапі подається повітря і вода, а на другому — тільки вода з інтенсивністю $5...6 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$. При цьому під час спільної подачі води і повітря інтенсивність подачі води може бути $5...6 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ або $2,5...3,0$. Важливо, щоб наприкінці промивки з засипки було повністю вилучене повітря. У протилежному випадку може скоротитися тривалість фільтроцикла, зменшитися швидкість фільтрування.

До водоповітряної промивки відносять промивку водою засипки, що попередньо наповнена повітрям. Сутність такої промивки полягає в тому, що після закінчення фільтроцикла з фільтра випускається вода, унаслідок чого оголюється верхній шар засипки приблизно на половину її висоти. При наступній подачі промивної води повітря, що наповнило засипку, інтенсивно відриває забруднення від зерен. Тривалість промивки можна скоротити в $1,9...2,8$ рази. Особливо ефективний метод при видаленні пухкої структури пластівців, які характерні при обробці води тільки сірчаноокислим алюмінієм.

При водяній промивці з водонапірного бака можлива пульсуюча промивка, що полягає в чергуванні періодів промивки (до 1 хв) і періодів практично повного її припинення на $0,5 \text{ хв}$. У результаті скорочується обсяг промивної води, збільшується винос



забруднень, зменшуються залишкові забруднення, збільшується брудомісткість засипки, подовжується фільтроцикл і підвищується якість фільтрату. Для створення пульсацій необхідно на трубопроводі подачі промивної води встановлювати спеціальний пульсатор, що являє собою корпус, усередині якого електродвигуном обертається з постійною швидкістю затвор, що періодично перекидає потік промивної води. Кілька пульсацій промивного потоку можна створити закриттям і відкриттям засувки на трубопроводі, що подає промивну воду. Однак постійно такий спосіб використовувати не слід через можливий вихід з ладу засувки.

Для фільтрів з одношаровою засипкою без підтримуючих шарів використовують промивку з інтенсивністю, що чергується по площі фільтра. Промивка скорочує витрати промивної води, збільшує брудомісткість засипки і подовжує фільтроцикл. У даному випадку необхідні створити в розподільній системі отвори з різними опорами, що чергуються по площі фільтра. У виробничих умовах при трубчастому щілинному дренажі монтують дрени з великими і меншими площами щілин; при пористому полімербетонному – на входах у дреніві канали встановлюють патрубки великого і малого опору; у колпачковом дренажі змінюють кількість ковпачків на одиницю площі. Промивка проводиться зі звичайною інтенсивністю, а останні 2...3 хв засипка промивається інтенсивністю 10...13 л/(с·м²). У результаті в зонах великої інтенсивності зерна засипки рухаються нагору, а в зонах меншої – униз. Циркуляційні контури перемішують засипку у всьому обсязі і зменшують гідравлічне сортування зерен по висоті.

Все ж найбільш важливим елементом при промиванні є розподільна система, яка повинна забезпечити рівномірний розподіл по площі фільтра промивної води. У вітчизняній практиці широко застосовують трубчастий дренаж, у якому розподільні труби або відгалуження обладнаються отворами діаметром 10...12 мм, зверненими під кутом 45° до дна, з відстанню між отворами 200...300, а між осями відгалужень – 250...350 мм. Відгалуження звичайно виконуються з чавунних або сталевих труб. Такий дренаж досить добре працює у перші роки але потім розвивається крапкова корозія труб і отворів. Вона викликає нерівномірне промивання засипки, появу застійних зон, зсув підтримуючих шарів. Заміна

матеріалу труб відгалужень на нержавіючу сталь значно поліпшує роботу дренажу і подовжує термін його дії. Однак висока вартість не дозволяють широко них використовувати. За кордоном є досвід утворення отворів у чавунних трубах з мідних втулок, запресованих у заздалегідь підготовлені отвори але це збільшує вартість і трудомісткість виготовлення дренажу.

На роботу трубчастого дренажу великого опору можуть впливати підтримуючі шари гравію, в які він укладається. Підтримуючі шари при промиванні не розширюються і не класифікуються, тому якість їхнього укладання відразу позначається на всьому процесі промивання й імовірності зсуву шарів. По технічних умовах гравій потрібно добре відсортувати, кожен шар повинний бути висотою не менш 50 мм з умовою, що мінімальний розмір часток гравію попереднього шару дорівнює максимальному розмірові часток наступного шару. Треба уникати плоских часток гравію.

Відмовитися від підтримуючих шарів можна заміною труб із круглими отворами на труби з щілинами або встановленням ковпачкового дренажу (рис.3.22).

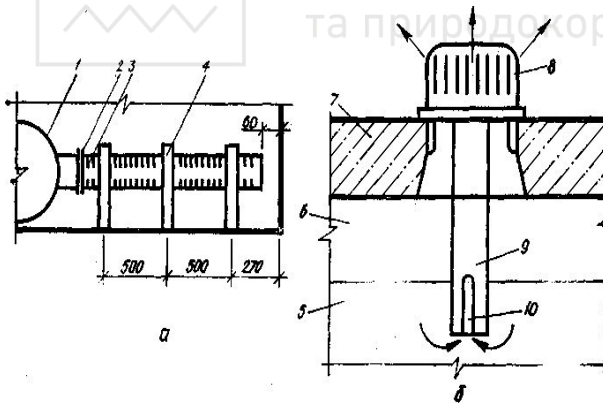


Рис. 3.22. Щілинні дренажні системи:

- а) щілинні труби;
 - б) ковпачків дренаж для водоповітряного промивання;
- 1 – колектор; 2 – фланцеві з'єднання; 3 – щілинна труба; 4 – хомут на підтримуючій стійці; 5 – вода; 6 – повітря; 7 – хибне днище; 8 – ковпачок; 9 – хвостовик; 10 – отвір

Щілинні труби можна виготовити з нержавіючої сталі з нарізкою щілин електроіскровим способом або поліетилену високої щільності з нарізкою щілин спеціальною фрезою. Ширина щілин приймається на 0,1 мм менше найменшої фракції зерен засипки з довжиною щілини порядку 1,5...2,0 діаметра труби і загальною площею щілин 1,5...2,0% площі фільтра. Така заміна збільшить пропускну здатність фільтрів і висоту фільтруючого шару за



рахунок використання висоти підтримуючих шарів, зменшить вартість дренажу. Однак недоліки щілинного дренажу полягають у трудомісткості нарізки щілин малої ширини, необхідності після фрезування зачищення їх від заусениць, зменшенні міцності труб з щілинами. Для поліетиленових труб характерний великий коефіцієнт лінійного розширення, що сприяє заклинюванню щілин, зниженню міцності і зростанню втрат напорів. Частково охороняє щілини від заклинювання зернами засипання труб гравієм крупністю 4...8 мм на висоту, що перевищує верх труб на 50 мм.

Порцелянові або полістирольні ковпачки монтуються в плиту дренажу (хибне днище). Такий дренаж особливо доцільний при упровадженні водоповітряного промивання, коли вода і повітря подаються під хибне днище, а шпаруватий ковпачок з довгим хвостовиком забезпечує гарне змішування води з повітрям і рівномірний розподіл цієї суміші по площі фільтра. До недоліків відноситься порівняно мала надійність ковпачків, зв'язана з неякісним їхнім виконанням. В окремих випадках щомісяця в період пуску фільтра виходить з ладу до 5...10 ковпачків. Для їхньої заміни роблять переваження фільтрів або місцеве вивантаження за допомогою спеціальних коробів. Влаштування ковпачкового дренажу має високу трудомісткість через необхідність установки до 35...70 ковпачків на квадратний метр при суворому дотриманні горизонтальності хибного днища. Перед монтажем ковпачки доцільно випробувати на стенді й у фільтрі до засипання фільтруючого засипки, після чого присипати гравієм крупністю 4...8 мм на висоту 50 мм. Вартість такого дренажа досить висока.

Високу ефективність промивання і поліпшену якість фільтрату забезпечують безгравійні пористі дренажі. Можна рекомендувати кілька видів таких систем. Керамічні плитки розміром 0,3x0,3x0,4 м із шамоту, рідкого скла і кремнефтористого натрію монтуються у виді хибного днища (рис.3.23). Його недоліком є досить складні кріплення плит і кольматація пір при недостатньо високій якості фільтрату.

Пористо-бетонні дренажі можуть бути наступних конструкцій:

- з покладеної на поздовжні стінки підтримуючої плити з великими отворами, а на неї – дренажною плитою з пористого бетону з заповнювачем із гравію або щебеню крупністю 3...10 мм;



з покладеної на подовжні стінки плитою з пористого бетону; пустотілий блок виконаний багатоканальним, нижня частина якого виконана з щільного, а верхня – з пористого бетону.

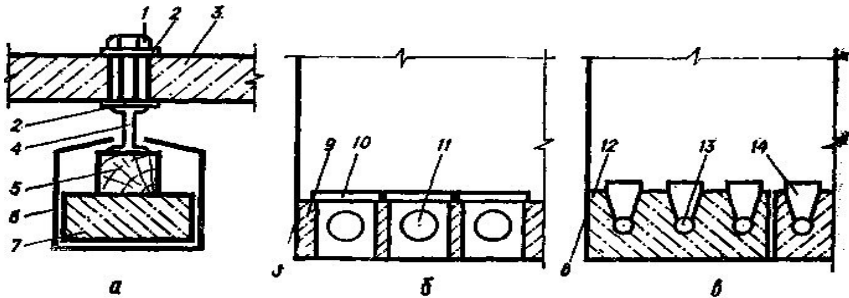


Рис. 3.23. Пористі розподільні системи:

а) з керамічних плиток; б) лоткова полімербетонна; в) панельна полімербетонна; 1 – болт; 2 – гумова прокладка; 3 – керамічні плитки; 4 – двотавр; 5 – дерев'яний брус; 6 – хомут; 7 – залізобетонна балка; 8 – корпус фільтра; 9 – опорні стінки; 10 – полімербетонні плити; 11 – патрубки великого опору; 12 – пустотні панелі; 13 – канали; 14 – полімербетонні вставки

Такі дренажі забезпечуючи високий ступінь відмивки засипки. Однак при реагентній обробці води пористий бетон через 1...3 доби починає руйнуватися. Тому в якості зв'язуючого використовується портландцемент і пуццолановий цемент. В агресивному середовищі для пористого бетону пропонується застосовувати глиноземистий цемент.

Більш довговічний пористий полімербетон, у якому як заповнювач застосовується щебінь або гравій із крупністю зерен 3...10 мм; зв'язуючим є епоксидна смола ЕД-20 або ЕД-16 з затвердінням ПЭПА при співвідношенні витрати смоли й отвердінням по масі 10:1; оптимальне співвідношення маси заповнювача і зв'язуючого приймається 15...25 з уточненням за допомогою спробних замісів; при цьому зі збільшенням крупності заповнювача питома поверхня зменшується і витрати смоли варто скорочувати, тому що при надмірній витраті вона затікає на нижню поверхню елемента і збільшує опір полімербетону; втрати напору в полімербетоні з товщиною зразка 0,05 м повинні бути 0,05...0,15 м.

Лотковий дренаж являє собою повздовжні по довжині фільтра канали, які утворені опорними стінками (рис.3.23 б) і перекриті зверху неармованими полімербетонними плитами. Опорні стінки



товщиною 80...100 мм зі збірного або монолітного залізобетону кріпляться до дна фільтра цементним розчином (склад 1:3, марка цементу не нижче 400). Відстань в осях між стінками приймається в залежності від ширини плит у межах 250...350 мм. Полімербетонні плити виготовляють звичайно безпосередньо на станції розміром 0,30x0,60x0,05 м. Торці плит, що перпендикулярні лоткам, мають фаски під кутом 45...60 градусів. Пази, що утворилися після монтажу плит, зашпаровуються полімербетоном того ж складу. Плити до опорних стінок кріплять цементним розчином або епоксидною мастикою (дрібний кварцовий пісок і епоксидная смола з отвердінням). Для рівномірного розподілу води вздовж каналу на вході в кожен лоток встановлюється патрубок великого опору з відбивачем. Для водоповітряного промивання в кожен канал лоткового дренажу укладають дірчасту розподільну систему повітря. У повітряних трубах виконуються отвори діаметром 3...5 мм у нижній частині труби під кутом 45° до вертикалі, розташовані в два ряди у шаховому порядку з кроком 0,1...0,2 м. Трубопровід, що подає повітря до розподільних труб, повинний розташовуватися вище їх, звичайно, на полімербетонних плитах.

У якості панельного полімербетонного дренажу використовують типові багатопустотні панелі, у верхній частині панелей уздовж каналу влаштовують отвори у формі трапеції (рис.3.23 в), куди вставляють полімербетонні вставки, що виступають на 0,010...0,015 м над поверхнею панелі. Панельна конструкція скорочує на 30...40 % витрати полімербетона, але вимагає панелей заводського виготовлення, а в умовах існуючих станцій монтаж таких панелей досить скрутний. Кольматація дренажеві дуже незначна.

Збільшити на 20...30% тривалість фільтроциклу і підвищити якість відмивання дозволяє композитний дренаж (рис. 3.24) за рахунок відмови від підтримуючих шарів та збільшення висоти засипки. Такий дренаж розробили спільно НДКТІ міського господарства (м. Київ) та НТФ «Полісток» (м. Харків). Дренажна труба являє собою звичайну сталеву трубу з отворами 10...12 мм в нижній що утворює з кроком 250...350 мм. Навколо труби є композитний дренажно-підтримуючий каркас. Каркас виконаний з плоскопористої фільтрувальної перегородки між двох шарів склопластика. Вирівнювання потоків промивної води для

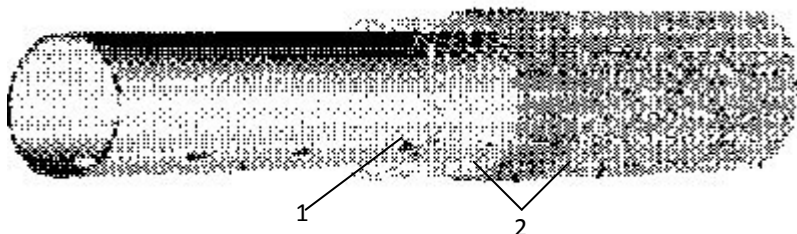


Рис. 3.24. Композитний дренаж:

1 – дірчаста труба; 2 – композитний дренажно – підтримуючий каркас

Експериментально встановлено, що дренаж не створює додаткового опору при фільтруванні. Можуть виникати додаткові опору до 10 см у придренажних шарах за рахунок накопичення в них забруднень. Втрати напору в дренажі під час промивки досягають 3,5...4,5м. Після реконструкції фільтрів з трубчастим дренажем на композитний якість відмивання завантаження підвищилося (0,4% проти 8%). Дренаж добре зарекомендував себе на станціях з площею фільтрів від 16 до 120 м² і застосуванням як водяний, так водо-повітряного промивання.

Відвід промивної води на більшості станцій вітчизняних водопроводів здійснюється жолобами п'ятикутної, напівкруглої і навіть прямокутної форми. Висота розташування жолобів над засипкою запобігає виносові її зерен. Промивна вода повинна рівномірно переливатися в жолоби по всій довжині їхніх краєнок. Недотримання цієї вимоги викликає струминний рух промивного потоку збільшеної витрати, відбувається винос засипки і недостатня її промивка в зонах з малою інтенсивністю руху промивного потоку. Звичайно ширина видимого потоку до крайки жолоба складає приблизно 0,2 м, а між жолобами поверхня води має застійний вигляд. Тому крайка жолобів повинна підтримуватися суворо горизонтально за допомогою цементної стяжки по крайці, зстругуванням крайки дошки й інших методів. В процесі експлуатації недосконалість такої збірної системи видна дуже добре і, звичайно, швидко усувається. Підтоплення жолобів несприятливо позначається і на процесі промивки. Причиною підтоплення можуть



бути підпори, що створюються промивною водою, в каналах і трубах.

Найбільший виніс засипки спостерігається потоками вздовж стінок жолоба. Для попередження цього явища вздовж всього жолоба влаштовуються пристінкові козирки, які забезпечують відхилення пристінкових потоків (рис.3.25).

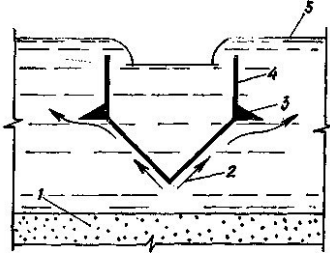


Рис. 3.25. Влаштування пристінкових козирків:

1 – засипка; 2 – пристінкові потоки товщиною 1...2 см; 3 – пристінкові козирки; 4 – жолоб; 5 – рівень води

Збір промивної води можна проводити дірчастими трубами, що забезпечує зменшення витрат води, більшу рівномірність збору води. Труби встановлюються на відстані одна від одної на 0,7...0,8м і під'єднуються на фланцях до патрубків, які виходять в карман, або до збирного колектора. Збір промивної води можна виконувати трубами або жолобами з полімербетону, що забезпечує кращий збір промивної води і попереджає винос засипки. Так система працює з 1987року на Миколаївському водопроводі.

Промивати пінополістирольну засипку необхідно низхідним потоком, тобто при низхідному фільтруванні фільтраційний і промивний потоки співпадають. Спроба промивати неочищеною водою дала негативні результати, тому що засипка відмивалася погано, спостерігалось безперервне зростання втрат напору на початку фільтроциклу, перший фільтрат йде незадовільної якості на протязі півгодини, а іноді й більше. Тому доцільно вважати промивання засипки і при низхідному фільтруванні тільки очищеною водою. В такому випадку не спостерігається зростання початкових втрат напору, а фільтрат стабілізується через 4...7 хв. після початку фільтрування. Кінетика вимивання забруднень під час промивання показує, що при низхідному фільтруванні перші двадцять-тридцять секунд йде досить чиста вода, а потім спостерігається різке підвищення концентрації завислих речовин в промивній воді. Спадання кривої кінетики після переходу максимального піку йде більш повільно, ніж для засипки при



висхідному фільтруванні. Тривалість промивання збільшується на одну-дві хвилини.

На ефективність відмивки пінополістирольної засипки впливає розмір фільтра. При невеликих розмірах фільтра промивна вода може збиратись єдиним отвором, а утримуючу решітку можна зробити з однаковою шпаруватістю по всій площі (наприклад, сітка). В цьому випадку можливо вважати, що промивні потоки йдуть паралельно один одному з однаковою інтенсивністю і сходяться біля водоприймального отвору. В виробничих фільтрах великої площі збір промивної води буде проводитись декількома отворами, а утримуючу решітку неможливо практично зробити з однаковою шпаруватістю.

Обов'язково в решітці необхідно передбачити якісь підтримуючі елементи, суцільні і жорсткі, до яких прикріплюються шпаруваті елементи. Вирішується це різноманітними способами, проте все одно, характер потоків змінюється, не кажучи вже про появу турбулентних потоків при переході від малих розмірів споруд до великих, з'являються надрешіткові та підрешіткові гідравлічні зони. Все це погіршує ефективність очищення води під час фільтрування і відмивку засипки під час промивки.

Застійні зони в підфільтровому та надрешітковому просторах виникають завдяки конструктивним елементам утримуючої решітки. Природні особливості фільтрів з плаваючою засипкою такі, що надфільтровий простір забезпечує практично постійний тиск на всі точки засипки по площі. Проте таке може спостерігатися тільки в фільтрах малої площі. Ускладнення в фільтрах великої площі виникають в зв'язку з функціональними обов'язками утримуючої решітки, яка повинна:

- утримувати засипку в притопленому стані,
- вільно пропускати воду в одному і другому напрямках,
- мати максимальну шпаруватість,
- утримувати засипку і не давати їй або окремим гранулам виходити в надфільтровий простір,
- вільно випускати бульбашки повітря із завантаження.

3.7. Реагентне господарство

В склад реагентного господарства станцій підготовки води в залежності від прийнятої технологічної схеми входять пристрої для



приготування коагулянтів, підлужуючи компонентів флокулянтів, окислювачів.

Частіше готують і дозують реагенти у вигляді розчинів (коагулянт, флокулянт, хлор, гіпохлорит натрію) і суспензій (вапно). При невеликій продуктивності станції або невеликих витратах реагенту вдаються до сухого зберігання коагулянту, при великій – до мокрого, при середній – до мокрого із зберіганням реагенту в розчинних баках.

Приготування коагулянтів. *Коагулянт* завозиться на станцію у вигляді плит, шматків, гранул, порошку, розчину. На станціях підготовки питної води раніше застосовували неочищений або очищений сульфат алюмінію. Проте зараз випускаються більш дорогі, але і більш ефективні такі коагулянти, як оксихлорид алюмінію, алюмінат натрію, хлорид заліза, сульфат заліза, сульфат заліза окисний.

В Україні основним виробником алюмінієвмісних коагулянтів є ВАТ “Коагулянт” м. Пологи. Оксихлорид алюмінію $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$ являє собою кристали зеленкуватого кольору, які отримують обробкою свіжеосажденного гідроксиду алюмінію 0,5...1% розчином соляної кислоти та вміщує до 40...44 % Al_2O_3 . Алюмінат натрію $NaAlO_2$ – це гранули білого кольору з перламутровим блиском у зломі. Отримують його розчиненням гідроксиду алюмінію в розчині гідроксиду натрію, вміщує до 45...55% Al_2O_3 . Найменша розчинність гідроксиду алюмінію спостерігається при $pH = 6,5...7,8$, при температурі нижче 4 градусів збільшується ступінь гідратації, стають більш повільними процеси утворення пластівців та їх осідання.

Коагулянт „Полвак” (ТУ У 19155069.001-1999) має три модифікації – «Полвак-40», «Полвак-68», «Полвак-80». Полвак є водним розчином гідроксихлориду алюмінію і описується формулою: $Al_2(OH)_2Cl_4$, переважно зеленувато-жовта рідина, може бути інших відтінків, масова частка основної речовини в перерахунку на Al_2O_3 , %, не менше 15 «Полвак-40» та 10% в інших типах. Коагулянт поступає до споживача в цистернах (прогумованих або з неіржавіючої сталі). Коагулянт повинен зберігатися в місткостях з корозійностійких матеріалів при температурі від $-18^{\circ}C$ до $+40^{\circ}C$. Гарантійний термін зберігання – 6 місяців. Концентрація робочого розчину коагулянту при очищенні

поверхневих вод складає 2 – 10%. Оптимальним для використання коагулянту „Полвак” є діапазон pH в межах 5 – 8. Коагулянт „Полвак” має високий ефект для вод з низькою лужністю та температурою, забезпечує низький вміст залишкового алюмінію.

Гідроксохлорид алюмінію марки *Б* випускають у вигляді твердого продукту – пластинки і гранули невизначеної форми, різного розміру, білого або жовтого кольору; термін зберігання 3 роки. Гідроксохлорид алюмінію дозволяє інтенсифікувати процес водопідготовки і поліпшити якість води, ефективний при обробці води з температурою 0 – 9°C, знижує витрати товарного реагенту в 8 – 10 разів, зменшує час коагуляції в 1,5 – 3,0 разу, зменшує залишковий алюміній в очищеній воді.

Залізо хлорне $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ являє собою темні з металевим блиском кристали, які дуже гігроскопічні і транспортуються в герметичній тарі. Воно може бути отримане безпосередньо на водоочисній станції шляхом хлорування залізного купоросу. Сульфат заліза $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, або залізний купорос – прозорі зеленкувато – голубі кристали з вмістом 47...53% $FeSO_4$. Поставляється він у дерев’яних бочках або ящиках. При pH менше 8 коагуляція його йде дуже повільно, а тому цей коагулянт використовують звичайно, при вапняному або вапняно-содовому пом’якшенні. Сульфат заліза окисний $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$ також кристалічний продукт, дуже гігроскопічний. Залізовмісні коагулянти краще забезпечують коагуляцію, особливо при низьких температурах, на них мало впливає pH середовища, хоча хлорид заліза забезпечує коагуляцію при pH у межах 6,1...6,5 (для сірчаноокислого алюмінію біля 7), пластівці коагулянту більш щільні, швидше осідають, але необхідне точне дозування через можливе проскакування заліза в очищену воду, пластівці осідають нерівномірно і багато дрібних пластівців виходять на фільтр.

Розрахункову дозу коагулянту встановлюють на найгірший період року за каламутністю й кольоровістю вихідної води. Проте в процесі експлуатації дозу слід постійно змінювати у відповідності із якісними показниками води. Підлогування води для поліпшення процесу утворення пластівців проводять найчастіше гашеним вапном, а в окремих випадках кальцинованою содою. Для інтенсифікації процесу утворення пластівців у воду після введення коагулянту, не раніше ніж через 2...3 хв, уводять розчин



флокулянтів: поліакриламід (ПАА), активної кремнієвої кислоти, магнофлоку. Поліакриламід – це білувато зеленкувата, аморфна, в'язка рідина, яка розчиняється в теплій воді при перемішуванні (температура 50°C). Поставляється вона в дерев'яних бочках або целофанових мішках і зберігається при температурі не вище 25°C . Активну кремнієву кислоту готують на місці шляхом активації силкату натрію (скло рідке) сірчаною кислотою, сульфатом алюмінію, хлором упродовж одної-півтори години в спеціальному баку-зрільнику. Магнофлок може бути у вигляді білого порошку або у вигляді розчину (масляниста рухома рідина від світло-коричневого до коричневого кольору, допускається наявність осаду). На даний час це найбільш ефективний флокулянт, хоч і дорогий.

Дозу хлорвмістких реагентів, в першу чергу для знебарвлення води, приймають 3...10 мг/дм³ по активному хлору і вводять їх за 1... 3хв до введення коагулянту. З метою попередження утворення у воді хлороформу цю дозу слід приймати, по можливості, меншою.

Коагуляція при очищенні води рівнинних річок відбувається при додаванні у воду вапняного молока, потім (через 2 хв) – хлорного заліза і через 10...15 с – сірчаноокислого алюмінію. Зазвичай для коригування лужності води вапно вводять до подачі коагулянту, проте, наприклад, при обробці води р. Іртиш хороші результати дає введення вапняного молока вже через 0,5...2 хв після введення коагулянту. Ефективна коагуляція при спільній подачі коагулянту та вапна або вапна після першого ступеня очищення. У цьому випадку виникає необхідність у виробничих умовах шукати оптимальну точку введення коагулянту. При цьому його розчин можна вводити як на початок, так і в середину змішувача, в водорозподільні пристрої прояснювачів із завислим осадом, в камеру пластівцеутворення. У одноступеневих схемах точку введення коагулянту потрібно наблизити до фільтруючої засипки, у контактних фільтрах краще вводити коагулянт спеціальною розподільною системою над засипкою, а перед контактними прояснювачами бажана установка шайбового змішувача в безпосередній близькості до них. Для інтенсифікації процесу коагуляції використовують фракційне, концентроване і переривчасте коагулювання. При фракціонованім коагулюванні розчин вводиться двома або кількома послідовними порціями з



інтервалом часу між вводами доз коагулянту від 30...60 до 90...120 с, з розподілом загальної дози коагулянту на дві приблизно однакові порції або друга порція на 65...75 % менше першої. Після введення першої порції бажано інтенсивне перемішування для диспергування продуктів гідролізу. Таке коагулювання дозволяє збільшити на 6...20% щільність осаду і ступінь очищення води. Концентроване коагулювання полягає в дозуванні коагулянту тільки в потік, що становить 30...50% всього витрати. Подальше змішання коагульованого потоку із загальним забезпечує прискорене утворення пластівців в одній частині води і видалення суспензії з коагульованої води після змішання обох її частин. Застосовуючи цей спосіб, заощаджують до 20...30% коагулянту. При переривистому або періодичному коагулюванні збільшується тривалість фільтроциклу на фільтрах або контактних прояснювачах з економією коагулянту на 30...40%. Метод полягає у чергуванні періодів введення коагулянту підвищеними дозами і повним припиненням подачі коагулянту. При цьому період коагулювання прийнятий орієнтовно 0,5...3 год, а відношення періодів введення і припинення подачі коагулянту складає від 3:1 до 0,3:1. При очищенні вод середньої каламутності коагулювання інтенсифікують магнітної обробкою розчину коагулянту [4], що збільшує щільність і гідравлічну крупність пластівців, підвищує продуктивність відстійників і прояснювачів, дещо знижує каламутність обробленої води. Омагнічувати можна тільки розчин коагулянту або частину оброблюваної води з подальшим її змішанням з залишилася частиною всього обсягу води за 10...60 с до введення коагулянту. Тривалість омагнічування приймається 0,6...1 с при кількості знакозмінних магнітних контурів 4...6 і швидкості потоку води в робочому зазорі магнітного генератора 1 м/с. Концентрацію розчину сірчаноокислого алюмінію, що вводиться у воду, приймають до 12%. Однак дозування коагулянту з концентрацією розчину 0,5...2,0% забезпечує швидке утворення пластівців, а при концентрації розчину 1...3% залишкова каламутність збільшується. Отже, небажано дозувати розчин коагулянту з концентрацією до 3%. Розчини коагулянтів готують по певним технологічними схемами, де застосовують сухе (станції невеликої потужності), мокре зі зберіганням коагулянту в розчинних баках (середньої потужності), мокре (великої потужності) зберігання коагулянту.

Баки-сховища при мокрому зберіганні зазвичай розташовують поза будівлі реагентного господарства, їх утеплюють ґрунтом, щоб температура в баках не була нижчою – 5°C. Баки повинні мати антикорозійне покриття та гарну гідроізоляцію, при цьому забезпечують контроль за станом стін баків та заходи, що виключають проникнення розчину в ґрунт.

Приклад. На водоочисній станції Рівненського льонокомбінату застосований спосіб зберігання сірчаноокислого алюмінію в розчинних баках (рис. 3.26). Додаткова витрата коагулянту при його дозі 50 мг/л і продуктивність станції 25900 м³/доб складає $Q = (25900 \cdot 50) / (10000 \cdot 33,5) = 3,87$ т. Місткість баків зберігання коагулянту розрахована з умови зберігання 15-добового запасу коагулянту $W = 3,87 \cdot 15 \cdot 2,5 = 145$ м³. На підставі розрахунку на станції запроєктовано 4 бака розміром 5,5 x 3,7 м кожен і висотою розчинної частини 1,8 м. Кут нахилу стінок бака прийнятий 25°, так як передбачено гідрозмив осаду.

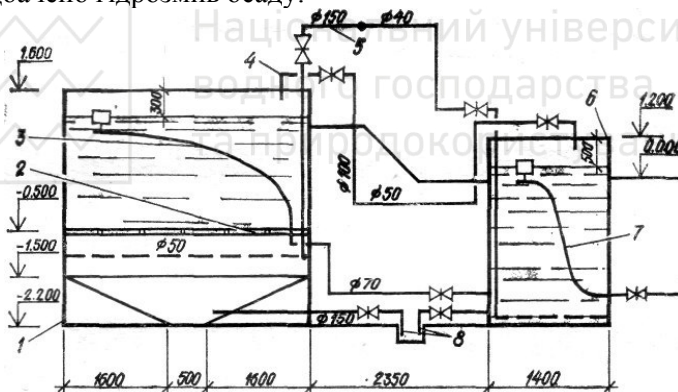


Рис. 3.26. Реагентне господарство водоочисної станції Рівненського льонокомбінату:

1 – розчинний бак-сховище; 2 – колосникові решітки; 3 – відведення концентрованого розчину коагулянту; 4 – подача технічної води; 5 – подача повітря; 6 – витратний бак; 7 – забір розчину коагулянту насосом-дозатором; 8 – стічні трубопроводи

Усередині бак футерований дошками на бітумі, але через порушення цілісності облицювання під час експлуатації їх замінили на кислотостійку цеглу на андезитовій мастиці. Місткість витратних баків визначається з умови приготування 5%-го розчину



в двох баках розмірами в плані 1,4 х 2, 5 м при часі викачування розчину 6 год. Концентрований розчин коагулянту з розчинних баків самопливом перетікає у витратні баки. За проектом верх цих баків знаходиться нижче верху розчинних тільки на 0,4 м, тому, якщо розчинний бак майже порожній, виникають труднощі при випуску розчину коагулянту. Для інтенсифікації розчинення коагулянту передбачена система дірчастих труб діаметром 50 мм у розчинному баці і 40 мм у витратному з інтенсивністю подачі повітря 8...10 л/(с м²) в розчинних і 3...5 – у витратних баках. Готовий розчин коагулянту дозується у вертикальний змішувач насосом-дозатором.

Баки реагентного господарства зазвичай виконують із збірного або монолітного залізобетону прямокутними в плані з внутрішнім облицюванням кислототривкими і стійкими по відношенню до ударів матеріалами. У типових проектах широко застосована облицювання внутрішньої поверхні дерев'яними дошками, з'єднаними вшпунт і приклеєними до стінок бітумом марки БН-У. Однак на практиці така ізоляція часто виходить з ладу через відрив бітуму і дощок, набухання і розтріскування дощок через періодичне наповнення і спорожнення баків, а в розчинних баках ці явища ще посилюють можливі удари. Облицювання баків на Дністровському водопроводі м. Кишинєва будівельним цеглою на бітумі виявилася неефективною. В даний час замінюють дерев'яне облицювання на облицювання кислототривкими керамічними плитками (краще діабазові) або кислотостійкою цеглою. Плитки прикріплюються до стінок баків на розчині з діабазового борошна, рідкого скла, кремнефтористого натрію в пропорції 2:1:0,1. Такий розчин швидко схоплюється, тому його готують невеликими порціями на 4...5 плиток. Стінки баків перед облицюванням обштукатурюють цим же розчином. Замість штукатурення можна обклеїти стінки поліетиленовими листами товщиною 1,5 мм на клею 88 Н, попередньо прогрунтувавши стінки цим клеєм. Шви прогрівають гарячим повітрям, а потім прокочують ролик. Другий шар листів вже наклеюють внахлестку, наносять ґрунтовку і силікатну шпаклівку, на яку кладуть кислототривкі плитки. Надійно захищені стінки баків на Дніпровській водопровідній станції м. Києва трьома шарами склотканини на епоксидній смолі, а ось облицювання листовим вінілпластом товщиною 8...10 мм на Деснянській



водопровідній станції м. Києва малоефективна через крихкість вінілпласт руйнується ударами шматків коагулянту і, маючи високий коефіцієнт лінійного розширення, при зміні температури зварні шви з часом розриваються. Коагулянт в баках зазвичай розчиняють неочищеною водою, внаслідок чого в період паводку при низькій лужності проходить сильне піноутворення, що заважає роботі дозаторів коагулянту, особливо автоматичного типу. Тому в цей період бажано розчиняти коагулянт очищеною водою. Швидкість його розчинення збільшується з підвищенням температури води і зменшується при її пониженні. Це вимагає для прискорення процесу замішування коагулянту (особливо в зимовий час) підведення гарячої води до розчинних баків. Попереднє замочування коагулянту протягом 7 днів водою температурою 20...25°C забезпечує одержання розчину лише 24,3%-ної концентрації. Подальше продування повітрям інтенсивністю 6...8 л/(с м²) протягом 30 хв збільшує концентрацію розчину до 52,7%. У зимовий час дотримуються ще більш тривалого замочування (до двох тижнів). Зберігання розчину з концентрацією понад 35% може викликати розшарування і навіть випадання коагулянту. Цей висновок важливий при його мокрому зберіганні, коли слід уникати подачі в баки-сховища перенасиченого розчину коагулянту. При розчиненні коагулянту важливо мати досконалу систему перемішування (механічну або пневматичну), здатну швидко перемішувати весь розчин в баку. Так, на водоочисній станції м. Кірова до 25% коагулянту скидалося в каналізацію через те, що в розчинному баку була передбачена тільки периферійна система дірчастих труб з виходом повітря з отвору зі швидкістю 4...6 м/с. Заміна цієї системи на гребінець з влаштуванням отворів діаметром 3 мм і швидкістю повітря в них порядку 30 м/с значно інтенсифікувала розчинення коагулянту. При очищенні малокаламутних вод доцільно подавати розчин коагулянту з розчинного бака в витратний без поплавкового пристрою, так як внесення разом з коагулянтом 20...30 мг/л нерозчинних домішок поліпшить процес прояснення води. Крім того, зменшиться кількість осаду в розчинних баках. Розчини коагулянтів відносяться до сильно агресивних, таких що швидко кородують металеві труби. Тому в даний час для транспортування розчинів коагулянту слід використовувати різні типи пластмасових труб: вінілпластових з



діаметром умовного проходу 10...250 мм, що допускають температурний перепад $-10...+50^{\circ}\text{C}$ і умовний тиск до 0,6 МПа (при діаметрі до 60 мм) і 0,25 МПа (при більшому діаметрі); поліетиленові високої щільності 20...300 мм, що допускають перепад температур $-30...-70^{\circ}\text{C}$ і умовний тиск до 1 МПа; поліетиленові низької щільності діаметром 6...150 мм, що витримують перепад температур $-30...+50^{\circ}\text{C}$ і умовний тиск до 1 МПа; фторопластові труби діаметром 30...400 мм, що допускають температурний перепад $-60...+250^{\circ}\text{C}$, умовний тиск до 0,5 МПа.

Дозують розчини коагулянту поплавковими дозаторами постійної дози при розташуванні витратних баків або дозувальних бачків на верхніх поверхах і насосами-дозаторами при розміщенні реагентного господарства на перших і в підвальних поверхах.

Для Дністровській водопровідній станції м. Кисва розчин реагенту дозують відцентровим кислотостійким насосом. Необхідна доза реагенту забезпечується певною концентрацією розчину коагулянту. При цьому насос забирає з витратного бака розчин коагулянту постійної 10...20%-ної концентрації. Паралельно у всмоктувальний патрубок подається чиста вода. Її об'ємна витрата визначає концентрацію розчину в напірному патрубку насоса. Зі збільшенням цієї витрати концентрація розчину зменшується зі зменшенням дози введеного коагулянту. Регулюють подачу витрати чистої води в залежності від щільності розчину коагулянту в напірному патрубку насоса. Для зміни дози коагулянту у вихідній воді різної якості в системі подачі коагулянту виробляють ручне або автоматичне регулювання концентрації розчину в напірному патрубку. Розчин реагенту подають у змішувач або іншу ємкість через трубу, що заглиблена під рівень води в зону турбулентності потоку або трубопровід за допомогою спеціального введення, що забезпечує змішування реагенту. Введення являє собою трубочку зі скошеним краєм під кутом 60° до горизонталі, заглиблену в трубопровід на 0,6 його діаметра. Скошений край розташовують по ходу потоку. Тиск в трубопроводі не повинен перевищувати 0,15 Па. Для більшої розсередженості по потоку розчину коагулянту можна використовувати спеціальні трубчасті розподільні системи.

Підвищені вимоги до охорони навколишнього середовища вимагають максимального повторного використання промивних вод та регенерації осаду, що надає, крім того, значний економічний



ефект завдяки економії коагулянту. Ефективність регенерації осаду сірчаною кислотою становить 65...85%, а соляною – 40...75%. Регенованого сірчаної кислотою коагулянту потрібно на 15...20%. Більше, ніж товарного, а при регенерації соляної – стільки ж. Приклад. У принциповій схемі регенерації осаду водоочисної станції Рівненського льонокомбінату (рис. 3.27) промивна вода від контактних фільтрів потрапляє у відстійник 2, дві години відстоюється, утворений осад перекачується з нижньої частини відстійника 2 в відстійник відрегенованого осаду 13, при цьому через ежектор 6 у шлам вводиться 1%-ний розчин сірчаної кислоти.

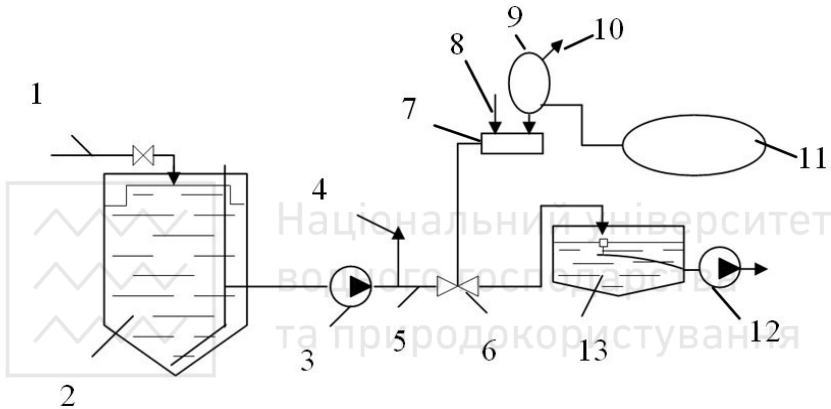


Рис. 3.27. Схема регенерації осаду промивних вод:

1 – подача промивної води від фільтрів; 2 – відстійник, 3 – насос для перекачування осаду; 4 – подача повторновикористаної води в змішувач; 5 – подача осаду на регенерацію; 6 – ежектор; 7 – витратний бак; 8 – технічна вода для розведення концентрованої сірчаної кислоти; 9 – мірник, 10 – підключення до вакуумного насоса, 11 – монжус для зберігання сірчаної кислоти; 12 – насос, що перекачує регенований осад; 13 – відстійник, регенованого осаду

Після відстою в відстійнику 2 прояснену воду для повторного використання перекачує той же насос 3. Місткість відстійників розрахована на прийом води від двох промивок фільтрів. Прийнято два відстійники діаметром 6 м. Добова кількість осаду, що подається на регенерацію, становить 1,5...2% продуктивності станції ($Q_{oc} = 25900 \times 0,02 = 518 \text{ м}^3$). Так як на станції 5 контактних фільтрів, які промиваються два рази на добу, то середня кількість осаду від однієї промивання $W_o = 518 / (5 \cdot 2) = 51,8 \text{ м}^3$. Регенерація осаду проводиться 1%-ним розчином сірчаної кислоти, доза якої

становить 0,64 від дози коагулянта $D_{H_2SO_4}=32$ мг/л. Добова потреба сірчаної кислоти 92,5%-ної концентрації $q_{H_2SO_4} = 32 \times 25 \times 900 / (10000 \cdot 92,5) = 0,9$ т. Витрати кислоти на одну регенерацію $Q = 9 \cdot 1000 / (5 \cdot 2 \cdot 1,89) = 48$ л, де 1,89 т/м³ – щільність сірчаної кислоти. Об'єм 1%-го розчину сірчаної кислоти $W = 48 \times 92,5 / (1000 \cdot 1) = 4,5$ м³. У схемі передбачено встановлення емальованого баку-мірника місткістю 100 л і витратних баків, футерованих гумою, місткістю 5 м³ кожний. Необхідна місткість відстійника для відрегенованого осаду від одного промивання, м³, $W_6 = W_o + W = 51,8 + 4,5 = 56,3$. Приймаємо два типових вертикальних відстійника діаметром 6 м і місткістю 105 м³ за типовим проектом 902-2-20. Осад, який не розчинився, у об'ємі 15% ($518 - 0,15 = 78$ м³/доб) перекачується на каналізаційні очисні споруди.

Використання флокулянтів. Спільна дія коагулянтів і флокулянтів збільшує щільність коагульованої суспензії, прискорює утворення пластівців і їх осадження, покращує адгезійні властивості зависі, збільшує продуктивність споруд особливо при обробці каламутних вод, в результаті зростає ступінь очищення води, економиться коагулянт. Більш ефективним є застосування флокулянтів при низьких температурах і низькою лужності води. Тому їх звичайно вводять у несприятливі для очищення води періоди року.

Флокулянтами можуть бути високомолекулярні речовини органічного та неорганічного походження. Органічні флокулянти поділяються на природні - крохмаль, жмих, водоростева крупка та синтетичні - поліакриламід (ПАА), флокулянти катіонного типу ВА-2, ВА-3, магнофлок. До неорганічних флокулянтів відноситься активна кремній кислота. Найчастіше використовується ПАА, який являє собою білувато-зеленкувату, в'язку рідину. Поліакриламід завозиться на станцію в поліетиленових мішках і в такому стані зберігається в складах. Для виготовлення розчину 1...0,1% концентрації ПАА вручну викидається з мішка в розчинний бак із лопатевою мішалкою та циркуляційним насосом, заливається теплою водою (температура 40...50 град.) і на протязі 2...3 годин перемішується (рис. 3.30). При цьому швидкість обертання механічної мішалки не повинна перевищувати 800...1000 хв⁻¹, так як при більшій швидкості відбувається розрив самих молекул полімеру і подальше погіршення флокулюючих дії. Готовий розчин



дозується у вихідну воду насосом - дозатором або ежектором через витратний та дозувальний бачки. Водний розчин ПАА не повинен зберігатися більше одного місяця.

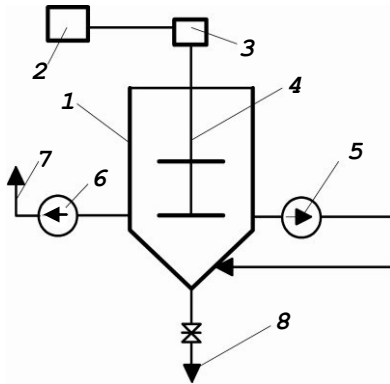


Рис. 3.30. Схема установки для приготування розчину ПАА:

1 – розчинний бак; 2 – електричний двигун; 3 – редуктор; 4 – лопатева мішалка; 5 – циркуляційний насос; 6 – насос – дозатор; 7 – подача розчину ПАА у вихідну воду; 8 – скид осаду

Магнофлок може бути у вигляді білого порошку, або у вигляді розчину (масляниста рухома рідина від світло-коричневого до коричневого кольору, допускається наявність осаду). Для приготування розчину використовується бак з лопатевою або гідравлічною мішалкою. Затворюється магнофлок теплою водою, але розчинність його значно краща у ПАА. Флокулянт-дорогий, проте він найбільш ефективний.

Активна кремнекислота готується періодично або безперервно на місці використання, так як її властивості зберігаються не більше 7 діб. Сировиною для приготування служить силікат натрію, активоване сірчаною кислотою, сульфатом амонію, сульфатом алюмінію, хлором, оксидом вуглецю, оксидом сірки, гідрокарбонатом натрію, гідросульфатом натрію, кремнефторідом натрію. Мабуть, найбільш просто на очисних спорудах впровадити дозатор активної кремнекислоти ДАК-15 системи Інституту колоїдної хімії та хімії води АН УРСР або установку приготування активної кремнекислоти сірчаноокислим алюмінієм (рис. 3.29). У такій установці розчини сірчаноокислого алюмінію і силікату натрію безперервно дозують в бак-зрельнік, з якого через 1 ... 1.5 год виходить розчин активної кремнекислоти, що подається ежектором в трубопровід вихідної води.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

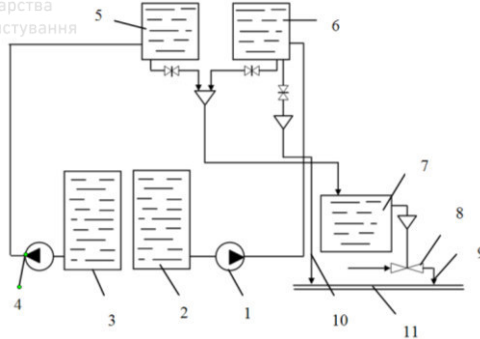


Рис. 3.29. Принципова схема установки по активации силикату натрію сірчаноокислим алюмінієм:

1 – насос для перекачування сірчаноокислого алюмінію; 2 – бак розчину сірчаноокислого алюмінію концентрацією 1,4...2%; 3 – бак розчину силикату натрію концентрацією 1,5...1,7%; 4 – насос з перекачування силикату натрію; 5, 6 – дозувальні бачки відповідно силикату натрію і сірчаноокислого алюмінію; 7 – бак-зрільник із мішалкою; 8 – ежектор; 9 – введення активованої кремнекислоти; 10 – введення сірчаноокислого алюмінію; 11 – підведення вихідної води

При цьому режим активації слід коригувати для кожної нової партії силикату натрію, бо в товарному продукті широко коливається вміст окремих компонентів. Місткість витратних баків рідкого скла і сірчаноокислого алюмінію призначають із умови приготування розчину АК не менш, ніж на одну зміну. Зрільник обладнується лопатевою мішалкою, що має частоту обертання 45...60 хв⁻¹. Місткість бака-зрільника повинна бути не менше, м³,

$$W = q \cdot D \cdot (1 - \alpha) \cdot t / (10000 \cdot p \cdot \gamma)$$

де q год – розрахункова годинна витрата води, м³/год;

D – доза активної кремнекислоти, вважаючи по SiO_2 , г/м³;

t – час перебування розчинів у зрільнику;

p – концентрація розчину рідкого скла – 1,7%,

α – коефіцієнт, що визначає відношення об'ємів сірчаноокислого алюмінію і рідкого скла, приймається рівним 0,76 при концентрації розчину сірчаноокислого алюмінію 1,6; 0,68 – при концентрації 1,8; 0,62 – при концентрації 2,0; 0,56 – при концентрації 2,2; 0,49 – при

концентрації 2,6;

γ – густина розчину.



Вводити флокулянти можна як перед прояснювачами із завислим осадом або відстійниками, так і перед фільтрами в двоступеневих схемах очищення або контактними прояснювачами в одноступеневих схемах. Місце введення краще вибрати на підставі технологічних досліджень. Орієнтовний інтервал по часу між введенням коагулянту і ПАА можна прийняти при каламутності вихідної води до 5 мг/дм^3 і кольоровості понад 60 град – 2...4 хв, каламутності $40...50 \text{ мг/дм}^3$ і кольоровості 20...60 град – 1,5...2 хв, каламутності понад 50 мг/дм^3 і кольоровості нижче 20 град – 1,0...1,5 хв. При введенні ПАА перед фільтрами або контактними прояснювачами точку введення слід максимально наблизити до засипки.

Введення активної кремнієкислоти у кількості 7...10% дози коагулянту на Дніпровській водопровідній станції м. Києва дозволяє знизити в холодну пору дозу коагулянту на 15...20% і забезпечити проектну продуктивність станції. Для дозування розчинів флокулянтів використовують насоси-дозатори або дозатори постійної витрати з поплавковим регулятором натиску і набором насадок різного діаметру.

Знезаражування води та окислення домішок. В технології підготовки води два ці процеси взаємопов'язані, звичайно, на першому етапі йде окислення, а потім знезараження. При цьому в залежності від якості води можуть використовуватись однакові реагенти або різні. На даний час немає універсального способу, який би не мав недоліків і можна було його використовувати в будь-яких умовах. Використання хлору або реагентів з хлором забезпечує знезаражування трубопроводів, по яким вода подається споживачу, і це дуже потрібно при старих трубопроводах.

Хлорування води рідким хлором здійснюють за допомогою хлораторів, в яких готують розчин. Розчин хлору вводять безпосередньо в трубопровід. Використовуються вакуумні хлоратори АХВ-1000 (раніше ЛОНІИ-100), ЛК-10, ЛК-11, ЛК-12, ХВ-11. На станцію рідкий хлор доставляють у балонах або бочках. Для зменшення кількості витратних балонів слід встановити бочки – випарники, в які здійснюється переливання хлору із балонів. Хлоратори АХВ-1000 випускаються на продуктивності по хлору: від 0,5 до 24,0 кг/год (базовий комплект – 1,0...12,8 кг/год). Ці хлоратори можна замінити на хлоратори системи Л.А.Кульського з



відповідною продуктивністю по хлору кг/год та витратами води, м³/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) при умові необхідності збільшення напору після ежектора. Хлоратори типу ЛК простіші за конструкцією, але і менш точніші. Ці хлоратори не потребують попередньої очистки хлору, не так точні в дозуванні, але можуть подавати хлорну воду на висоту 20...30м (в залежності від марки) у той час, як після ежектора від АХВ-1000 напір становить лише 1...2м. Підвищити напір хлорної води після хлоратора АХВ-1000 до 5...7м можна зменшенням подачі ежектора, розрядження і збільшення напору перед ежектором до 60...80м.

Хлорне господарство бажано розміщувати в спорудах, які стоять окремо, так як обладнання вибухонебезпечне, а витік хлору взагалі небезпечне для людини. Віддалення від об'єктів житлового, цивільного та побутового призначення до складів повинно бути не менше 500м при зберіганні в бочках та 150м – в балонах.

Хлоропроводи (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. 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.

З метою зменшення дози хлору в воду слід вводити аміак у пропорції 1:1. В результаті вводу аміаку у воді утворюються хлораміни, в яких окислювальний потенціал значно нижче, знижується хлорпоглинаємість води, більш довгий час обумовлюється фіксація хлору, запобігає появі хлорфенольних запахів та присмаків, хлорамінний хлор менш відчутний. При цьому використовують преамонізацію (введення аміаку за 1..2 хв до вводу первинного хлору) для попередження хлорфенольних запахів і присмаків та постамонізацію (аміак вводиться після хлору безпосередньо в резервуари чистої води) для подовження дії хлору. Аміак вводиться у воду також із допомогою вакуумних хлораторів.

До знезаражування ультрафіолетовим випромінюванням за допомогою бактерицидних ламп раніше удавались тільки для вод підземних водних джерел, які мають колі-індекс не більш як 1000



од. на дм^3 , вміст заліза – не більш як $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Бактерицидні установки встановлюють на всмоктувальних і напірних лініях насосів II підняття в окремих будівлях або приміщеннях. Проте зараз випускаються більш удосконалені установки із лампами в сталевому корпусі НВО «ЛИТ» м. Москва марок УДВ та Харківська електротехнічна компанія установки серії „Водограй” з діапазоном продуктивностей від $0,5$ до $1200 \text{ м}^3/\text{год}$, з одною або декількома секціями, з одною або багатьма лампами. В склад установок входять проточні камери, в яких встановлені бактерицидні ртутні лампи низького тиску в кварцевих оболонках. Установки – компактні, мають розміри від $0,2 \times 0,2 \times 0,6 \text{ м}$ до $1,4 \times 0,5 \times 1,6 \text{ м}$ (відповідно розмір збільшується із збільшенням продуктивності), можуть працювати в напірному та безнапірному режимах. За паспортними даними на установки може подаватись більш брудна вода, яка має кольоровість до 35 град, каламутність до 2 мг/дм^3 , вміст заліза до 1 мг/л , коли індекс не більше 10000. В установках передбачена очистка внутрішньої поверхні камер знезаражування слабким розчином щавлевої або лимонної кислот, в деяких установках очистка кварцевих чохлаів проводиться механічним очисним пристроєм. Перевагою методу можна рахувати відсутність небажаних явищ, немає потреби в спеціальних засобах безпеки, невисокі експлуатаційні затрати, відсутність спеціального обслуговуючого персоналу, не має потреби в запасах реагентів та місткостях для контакту води, але відсутнє пост знезаражування, при старих і зношених мережах їх використовувати зовсім не доцільно.

Гіпохлорит натрію можна привозити готовим або виготовляти безпосередньо на місці, а для цього потрібна велика кількість солі і великі витрати електроенергії. В промисловості гіпохлорит натрію (NaOCl) отримують методом хлорування каустичної або кальцинованої соди. Постачають його замовнику в поліетиленових місткостях у вигляді розчинів з концентрацією приблизно 15% активного хлору, тобто $140 \dots 160 \text{ г/дм}^3$, густиною розчину приблизно $\gamma = 1,2 \text{ кг/л}$. Найбільшим постачальником гіпохлориту натрію є Дніпродзержинське ВО „Азот”. У вихідну воду гіпохлорит натрію вводять за допомогою ежектора або насоса-дозатора, краще італійськими компактними мебранними. При цьому із заводської тари гіпохлорит виливають в проміжну місткість, де розодять



водою в співвідношенні 1:1; 1:2. Виробництво не вибухонебезпечне але гіпохлорит слід завозити щомісяця, так як через місяць він втрачає свої властивості.

На станціях із витратами хлору до 50 кг/доб можна використовувати для знезаражування води гіпохлорит натрію, який готують із розчину кухонної солі електролітичним способом. Установки поділяються на проточні та порційні. В їх склад входять електролізери, різномісні баки. На рис.3.30 зображена прямоточна установка, яка в безперервному режимі готує потрібну кількість розчину і дозує у воду. Забезпечується це концентрацією розчину солі в баку-розчиннику та витратами поданої на установку води. Установка компактна і не потребує баків для розчину солі та розчину гіпохлориту натрію.

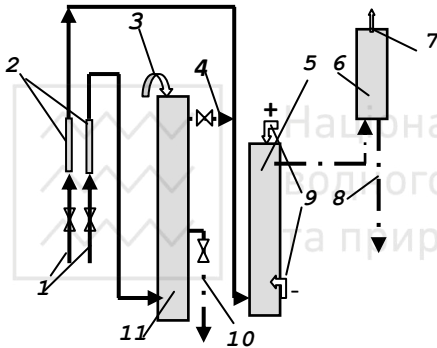


Рис. 3.30. Схема установки Пламя – 2:

1 – подача води; 2 – витратоміри; 3 – завантаження солі; 4 – відведення концентрованого розчину солі; 5 – електролізер; 6 – газовіддільник; 7 – відведення газів; 8 – подача від дозованого розчину гіпохлориту; 9 – підведення постійного струму; 10 – скид в каналізацію; 11 – бак-розчинник

В установках періодичної дії розчин солі 10% концентрації подають у бак постійного рівня звідки він витікає з постійними витратами. Після наповнення бачка-дозатора спрацьовує сифон і 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. Електролізери розміщують у сухому опалюваному приміщенні. Їх має бути не більше трьох, один із яких резервний. На приготування 1 кг активного хлору витрачають 15...8 кг кухонної солі. Слід передбачати вологе зберігання солі. Об'єм баків для зберігання солі 1,5 м³ на 1 т солі. Кількість баків – не менше двох. На складі



зберігають 30-добовий запас. Бак-накопичувач має вмщати об'єм гіпохлориту натрію не менше ніж на 12 год.

Так, у Львові станція знезаражування хлором до 2010р. розміщувалась поруч із футбольним стадіоном, що було дуже небезпечно. Тому, до футбольного турніру Євро2012р її було переобладнано на гіпохлорит натрію з виготовленням його безпосередньо на станції.

Діоксид хлору із всіх хлорвміщуючих реагентів має найбільші окислювально-відновний потенціал і бактерицидність. Його отримують взаємодією хлориту натрію та хлора, соляної кислоти, метанола в баку реакторі. Діоксид хлору дуже небезпечний так як вибухає від електричної іскри, прямому сонячному освітленні, нагріванні до 600° , контакту з деякими органічними речовинами. Вихідний продукт- хлорит натрію при низьких концентраціях токсичний і легко запалюється. Тому його використовувати потрібно дуже обережно. Крім того, при його використанні утворюються токсичні хлорити.

Озон отримують із повітря у результаті сильного розряду струму при напрузі 8000...10000 В в озонаторах. Оброблена озоном вода, звичайно, отримує блакитний колір та приємний запах. Тривалість контакту озону з водою повинна бути не меншою ніж 4 хв, доза озону приймається 0,75...1 для підземних вод та 1...3мг/дм³ для поверхневих вод. Озон відноситься до сильних окислювачів, здатним достатньо добре і в короткі терміни знезаражувати воду. Так, артезіанська вода з вмістом в 1 л до 100000 черевнотифозних і дизентерійних бактерій знезаражується озоном за 3 хв, а хлором за 30 хв при дозі знезаражувальних агентів 1...2 мг/дм³, хоча в загальному випадку для знезараження потрібно озону більше, ніж хлору. Паралельно з бактерицидними властивостями дію озону ефективно при знебарвленні води, видалення присмаків і запахів. Однак невисока якість озонаторного обладнання, відносно висока вартість отримання озону і велика витрата електроенергії стримують впровадження озонування. Тому озон в основному використовують як допоміжний засіб при хлоруванні води, він виступає окислювачем, а хлор – знезаражувальним агентом. Озон сприяє продовженню дії хлору і зменшує його дозу. Крім того, при спільній дії цих знезаражувальних засобів озоном окислюються хлорпохідних



(наприклад, хлороформ). Досвід застосування озону в технології очищення води є при очищенні води кольоровістю 40...60 град, зміст зважених речовин 2...25 мг/дм³, колі-індекс 20...2300, запаху 2...5 балів, зоопланктоні до 3500 клітин/мл. На станції застосовують такі реагенти: хлор (попередній на водозаборі, первинний і вторинний на очисній станції), сірчаноокислий алюміній, вапно, аміак, активоване порошкоподібне вугілля, потім вводять озон перед змішувачем і після швидких фільтрів. У результаті встановлено, що навесні і влітку первинне хлорування можна виключити. Взимку при каламутності вихідної води до 3 мг/дм³ та колі-індекс до 200 можна обробляти воду без подальшої коагуляції. Попереднє хлорування дозою 4 мг/дм³ і подальша обробка озоном дозою 1,5 мг/дм³ знижує додатково кольоровість на 6...7 град. При розриві в часі між введенням хлору і озону 10...12 хв запах змінюється від болотного і хлорного до ароматного. Зниження дози хлору при попередньому хлоруванні сприяє знебарвлення, але відмовитися повністю від хлорування не можна бо озон не надає альгіцидного дії на зоо-і фітопланктон. Первинне озонування викликає інтенсивне утворення піни, що представляє щільну масу темно-коричневого кольору з органічних речовин, оксидів заліза, зоопланктону. Вторинне хлорування після фільтрів ефективно при високому ступені очищення зависі і органіки, при виключенні повторного забруднення у водопровідних мережах і спорудах. Доза озону приймається 1...3 мг/дм³. На Східній водопровідній станції Москви озоні повітряна суміш вводиться в розподільний пристрій з керамічних пористих трубок діаметром 40 мм, що покладені на дні контактного резервуара.

3.8. Знезалізнення та дезодорація води



Знезалізнєння води може проводитись безреагентним; реагентним; катіонообмінним; біохімічним методами. Перші два методи відносяться до фізико-хімічних методів і передбачають окислення заліза, в першому методі цим окислювачем є кисень повітря, а в другому – хлор, перманганат калію, вапно, сода. Завданням методів є переведення розчинних форм заліза в малорозчинні форми $Fe(OH)_3$, із наступним його осадженням та затриманням у товщі фільтрувальної засипки.

Найчастіше для знезалізнєння використовують безреагентний метод, оскільки він простіший та дешевший. Метод полягає в тому, що в аераційному пристрої воду насичують киснем, при цьому частково видаляється вугільна кислота, частково окислюється залізо. Потім воду відстоюють у резервуарах і фільтрують на фільтрах, де видаляються утворені пластівці гідроксиду заліза. Аерацію можна проводити в спеціальних пристроях, або використовувати спрощену.

При незначній концентрації заліза процес знезалізнєння проходить в зернистій засипці. Необхідною умовою для здійснення процесу знезалізнєння є наявність на поверхні зерен засипки активної плівки із сполук заліза. Поверхня зерен фільтруючих засипок має електричний заряд, напруженість поля якого на границі адсорбційного шару характеризується значенням електрокінетичного потенціалу. Знак та величина потенціалу, які залежать від pH середовища, впливають на сорбційну активність поверхні зерен по відношенню до сорбованих часток, які знаходяться у воді. При фільтруванні підземної води, яка містить іони двовалентного заліза, спочатку відбувається адсорбція іонів закисного заліза на поверхні “чистих” зерен фільтруючої засипки. Через деякий час, в результаті адсорбції закисного заліза, електрокінетичний потенціал зерен засипки знижується. В результаті цього відбувається затухання адсорбційної властивості поверхні зерен. Разом з тим у воді, що знезалізнюється, є розчинений кисень, під дією якого адсорбовані іони закисного заліза окислюються і гідролізуються, що призводить до появи на поверхні зерен засипки “плівки” – якісно нового сорбенту, який складається в основному з гідроксиду заліза (8...25% закисного заліза). Плівка володіє значно більшою сорбційною здатністю, ніж



зерна “чистої” засипки. Починаючи з моменту утворення “плівки”, сорбція іонів двовалентного заліза протікає паралельно на вільній поверхні фільтруючої засипки і на поверхні гідроксиду заліза. Незатухаючий стабільний процес знезалізнення води можливий лише при умові, коли залізо, що окислилося і гідролізується, за одиницю часу створює нову сорбційну поверхню, площа якої не менша площі поверхні, яку покривають сорбовані іони двовалентного заліза за той же час.

При виборі параметрів фільтруючої засипки слід орієнтуватись на потрібну тривалість фільтроциклу, яка визначається граничним значенням втрат напору. Так, знезалізнення води свердловини селища Внуково при вмісті заліза $2,9 \dots 3,4$ мг/дм³, $pH=7,1$, вільної вуглекислоти 33 мг/дм³, лужності $5,7$ мг-екв/дм³ при товщині шару $0,9$ м показало що із збільшенням крупності зерен засипки спостерігається менша швидкість приросту втрат напору і, відповідно, більша тривалість фільтроциклу навіть при більшій швидкості фільтрування і більшій концентрації заліза у вихідній воді. Швидкість фільтрування впливає на якість фільтрату тільки під час зарядки засипки і при меншій швидкості фільтрування якість фільтрату вища, але після зарядки вона стає практично однаковою.

При більшій крупності засипки і більшій швидкості фільтрування потрібна більша висота засипки. Так, при крупності зерен $1,3 \dots 1,76$ мм і швидкості фільтрування 10 м/год потрібний ефект знезалізнення (вміст загального заліза $0,3$ мг/дм³) досягався при висоті шару $0,6$ м, а при крупності засипки $0,9 \dots 1,16$ мм та швидкості фільтрування $4,5$ м/год такий ефект знезалізнення досягається при товщині шару $0,4$ м. На очистку подавалась вода із концентрацією заліза $6 \dots 8$ мг/дм³, $pH=6,9$, вільної вуглекислоти $90 \dots 115$ мг/дм³, лужності $6,5$ мг-екв/дм³. Підготовку води питної якості забезпечує навіть засипка крупністю $3 \dots 5$ мм, висотою шару $0,5$ м, при швидкості фільтрування в межах 5 м/год. Фільтри можна завантажувати однорідною, відмитою та відсортованою фракцією щебеню розміром $5 \dots 10$ мм, але з підвищеною до $2,1$ м висотою засипки та швидкістю фільтрування в нормальному режимі $15 \dots 20$ м/год. При цьому використовується повітряно-водяне промивання через $2 \dots 5$ діб з інтенсивністю подачі води 16 л/(с·м²) і повітря $35 \dots 50$ л/(с·м²). На Луцькій водопровідній станції відмивання



засипки проводилась при недостатній інтенсивності і тривалості відбувалася незадовільно, що викликало цементування засипки (правда і крупність її була дещо більше проектної). Отже, при застосуванні щелевеної засипки необхідно забезпечувати ретельне її промивання.

Оптимальною можна вважати засипку із зерен піску крупністю більшою за 0,7...1 мм, але і оптимальна швидкість повинна бути більшою. При цьому є різниця чи то напірний чи безнапірний фільтр. При знезалізненні води з концентрацією заліза 4 мг/дм³ оптимальною швидкістю для напірних є швидкість 30...33, а для безнапірних 20...25 м/год. Ймовірно, що на пропускну здатність впливає надфільтровий об'єм, який більший в безнапірних. Це приводить до того, окислення проходить в об'ємі і менше витрачається каталітична здатність зерен піску. Взагалі товщина засипки при окислення заліза в об'ємі значно більша. Товщина засипки залежить від концентрації заліза у вихідній воді і швидкості фільтрування. Так, при концентрації заліза 4 мг/дм³ і швидкості фільтрування 7 м/год потрібна товщина засипки 0,82 м, 12 м/год – 1,02 м, 20 м/год – 1,43 м.

Для покращення процесу окислення заліза можна використовувати чорний пісок. Такий пісок виготовляють на місці з звичайного відмитого кварцового піску, який завантажений у фільтр. Омарганцований пісок доцільно застосовувати при низьких значеннях *pH* води, невеликому вмісті сірководню та амонійних солей. Готують «чорний» пісок безпосередньо у фільтрі, заповнюючи його спочатку розчином сульфату закисного заліза з концентрацією 0,7% при часі контакту 2 год. Потім розчин скидають у каналізацію, а фільтр заповнюють 0,1%-ним розчином перманганату калію, забезпечуючи при цьому контакт протягом 3 ... 5 год. Омарганцований кварцовий пісок або подрібнений керамзит крупністю 0,7...1,2 мм з висотою шару 1,5 м забезпечує високий ефект знезалізнення при швидкості фільтрування 6...8 м/год. Каталітичну плівку на зернах засипки регенерують 0,1%-ним розчином залізного купоросу і 0,05%-ним розчином перманганату калію із загальною тривалістю контакту 2...3 год, попередньо промивають засипку протягом 10 хв з 50%-ним розширенням. Є другий спосіб, при якому через засипку фільтрують розчин перманганату калію із розрахунку 2,5...5 г/дм³ з підлужуванням



розчином аміаку до $pH=9...9,5$. При цьому підлужування аміаком слід проводити безпосередньо у фільтрі з тим, щоб процес окислення аміаку і утворення гідроокису марганцю проходив безпосередньо при контакті розчину із зернами засипки. Брудомісткість фільтра збільшується при зменшенні ступеня насичення киснем від початку до кінця фільтроциклу.

Залежність приросту втрат напору від тривалості фільтрування має параболічну залежність та залежить від швидкості фільтрування. Так, втрати напору в 3 м при швидкості фільтрування 25 м/год досягають через 3,5 год, 20 м/год – через 4,5 год, 15 м/год – 7,2 год, 10 м/год – 10,5 год. Дані наведені для напірного фільтра із засипкою крупністю 0,4...1.0мм, концентрації заліза на вході 9,8 мг/дм³.

Таким чином, при спрощеній аерації води в порівнянні з швидкими фільтрами для прояснення води можна використовувати фільтри з більш крупними за розміром зерен засипки, більшою однорідністю, з підвищеною їх товщиною і більшою швидкістю фільтрування.

Аераційні пристрої в безреагентних технологічних схемах знезалізнення води призначені для насичення води киснем повітря для окислення заліза та сірководню, видалення двоокису вуглецю. Згідно стехіометричних показників на окислення 1 мг закисного заліза потрібно 0,143 мг кисню, проте на практиці питомі витрати кисню на 1 мг заліза при його концентрації до 5 мг/дм³ дорівнюють (0,8...1): 1, а для окислення сірководню ще додатково (2,25...2,5) мг на 1 мг сірководню. При нормальному тиску максимальна розчинність кисню становить при температурі 1⁰С – 14,23 мг/дм³, 5⁰С – 12,8 мг/дм³, 10⁰С – 11,53 мг/дм³, 12⁰С – 10,83, 20⁰С – 9,1 мг/дм³. Ступінь насичення води киснем залежить від способів та пристроїв для насичення. Так, при вільному виливі води з висоти 0,5...0,6 м кількість кисню у воді буде складати 5...7 мг/дм³, при розбризкуванні з висоти 2 м – до 8,8 мг/дм³, після вакуумно-ежекційного змішувача – 9,26 мг/дм³. При розприскуванні води душовою насадкою над поверхнею води з різної висоти проходить насичення води киснем табл. 3.7.

Таблиця 3.7



Ступінь насичення води киснем

Висота розташування, см	10	25	50	100	200
Насичення киснем в % від насичення при даній температурі	40,5	45,5	52	79	96
Кількість кисню, мг/л при температурі 10 ⁰ С	4	4,4	5	7,8	9,5

Таким чином, із збільшенням температури води насичення води киснем зменшується. При розприскуванні води з висоти 0,5 м при вмісті заліза 5 мг/дм³ та сірководню 0,5 мг/дм³ потрібно кисню 5x1 + 0,5x2,5 = 6,25 мг/дм³ і у воді явно не буде вистачати кисню і процес знезалізнення спрощеною аерацією буде не завершений.

При використанні напірних фільтрів потрібна кількість повітря для окислення заліза дорівнює на 1 м³ води

$$Q_{\text{пов}} = 3,45 C_0,$$

де C_0 – вміст двовалентного заліза, мг/дм³.

При застосуванні спрощеної аерації в схемі з напірними фільтрами насичення води киснем повітря відбувається в *напірному змішувачі* (рис.3.31).

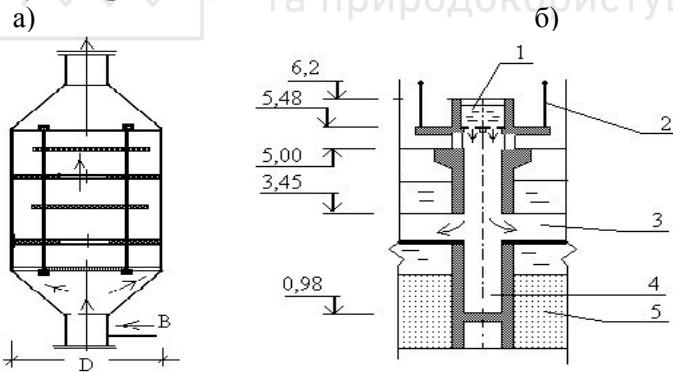


Рис. 3.31. Змішувач води і повітря:

- 1 – аераційний лоток; 2 – місток для оператора; 3 – жолоб; 4 – центральний канал; 5 – фільтруюча засипка

Повітря від компресора подається в трубопровід перед змішувачем. Змішувач складається з круглого корпусу діаметром D , в якому є 4 – 6 діафрагм для турбулізації потоку і інтенсифікації



перемішування. Довжина корпусу змішувача приймається рівною 400 – 500 мм, діаметр його визначається по розрахунковій швидкості руху води в корпусі 0,05 – 0,06 м/с. Площу отворів в діафрагмі визначають за швидкістю руху води рівної 0,8 – 1,0 м/с. Резервні змішувачі на станції не передбачають.

У відкритих фільтрах аератором є воронка на трубопроводі подачі води у фільтр, яка піднята над поверхнею води в боковому кармані або у спеціальній приймальній місткості. Проте, видалення двоокису вуглецю відбувається в цьому випадку у незначній мірі і рН води практично не збільшується. Поліпшення аерації досягається дробленням потоку і зменшенням діаметру струменів аеруємої води. Для цього вода виливається струменями з підведених над фільтром напірних трубопроводів або лотках. Аератори цього типу піднімають над рівнем води на висоту від 1 м і до 50 см над рівнем води в фільтрі. Діаметри отворів приймають рівними 5 – 15 мм.. Такі аератори здатні видалити з води, що поступає на споруду, до 20 – 30 % вільного двоокису вуглецю.

На ефективність знезалізнення спосіб аерації води. На станцію знезалізнення Уральського алюмінієвого заводу поступає вода із свердловин з $pH=6,6...7$, загальним вмістом заліза $0,8...5,2$ мг/дм³. Знезалізнення проводиться на 6 фільтрах розміром 3x4 м, які завантажені піском крупністю 0,5...2 мм. Для аерації безпосередньо над фільтрами встановлювались градирні, які були завантажені коксом і мали висоту 7 м. Проте на одному фільтрі стали подавати воду перфорованими трубами із розташуванням їх на висоті 1,2 м над жолобами. В результаті якість фільтрату на цьому фільтрі у порівнянні з іншими ($0,29...0,37$ мг/дм³) підвищилась до $0,17$ мг/дм³ за концентрацією заліза, Одночасно підвищили швидкість фільтрування, а тривалість фільтроциклу стала більшою. В залежності від способу аерації у воді буде певна кількість кисню (табл. 3.3). Розширити сферу застосування спрощеної аерації (для вихідної води з вмістом заліза 16 і окислюваності води до 16 мг / л по кисню) можна введенням сильних окислювачів (хлору, озону, перманганату калію).

Таблиця 3.3



Вміст кисню у воді після аерації

№ з/п	Назва способу аерації	Кількість кисню, мг/л	
		До аерації	Після аерації
1	Розприскування насадками над фільтром	1..1,4	6,5...7,4
2	Перелив через водозлив	0,3..	5,8...7,4
3	Подача ежектором в напірний фільтр	0,4..1	9...10
4	Вільний вилив із трубопроводу діаметром 100мм з висоти 0,4м	0,2	4,8...5
5	Розприскування над фільтром вентиляторною градирнею	0,4	11
6	Вилив в збірний карман	-	3.8..4,3
7	Вилив в фільтр з висоти 0,5м	-	5,5...6,5

У цьому випадку первинне окислення залізоорганічних з'єднань здійснюється в результаті аерації, а остаточне руйнування комплексних сполук заліза і часткове його окислення відбувається під впливом окислювачів. З метою підвищення ступеня знезалізнення та загальних органолептичних показників за допомогою озону перед фільтрами можна встановити каскадний аератор (рис. 3.32).

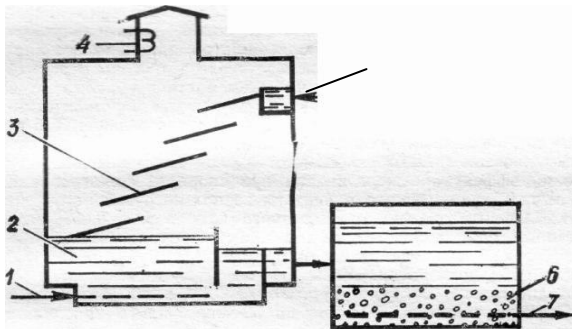


Рис. 3.32. Станція водо підготовки:

1 – подача озону; 2 – камера озонування, 3 – ступінчастий каскадний аератор, 4 – поглинач залишкового озону; 5 – подача вихідної води; 6 – двошаровий фільтр; 7 – відвід знезалізненої води

При подачі вихідної води з вмістом заліза $3 \dots 6 \text{ мг/дм}^3$, введення озону дозою $1,7 \dots 2,1 \text{ мг/дм}^3$ і тривалості контакту в камері озонування 7 хв забезпечується знезалізнення до $0,1 \text{ мг/дм}^3$ заліза на двошаровому фільтрі (верхній шар з антрациту висотою 0,5, а

нижній – з піску висотою 0,4 м). Швидкість фільтрування прийнята 6,8 м /год. При використанні хлору або перманганату калію аерацію води проводять шляхом вилування води з дірчастих труб, лотків на вільну поверхню води у фільтрах. Окислювач вводять через спеціальну трубчасту систему в надфільтровий об'єм води. При цьому витримують необхідний час контакту окислювача з оброблюваною водою. Фільтруючу засипку слід застосовувати з найбільшою брудомісткістю, наприклад, двошарову (антрацит і пісок) або тришарову, виконану з шарів товщиною 0,5 м: верхній шар - керамзит з крупністю зерен – 2,3...3,3 м, середній-антрацит з розміром зерен 1,25...2,3 мм, нижній - кварцовий пісок із зернами розміром 0, ...1,25 мм. Швидкість фільтрування повинна прийматися не більше 7 м/год .

За нашими рекомендаціями державний проектний інститут "Укрводоканалпроект" за програмою ліквідації наслідків Чорнобильської аварії запроєктував для смт Березані, Баришівка Київської області станції знезалізнення. За основу прийняті типові сталеві фільтри заводського виготовлення типу ФОВ діаметром 3м, що монтуються на відкритому повітрі і в нижній їхній частині обсапється місцевим ґрунтом.

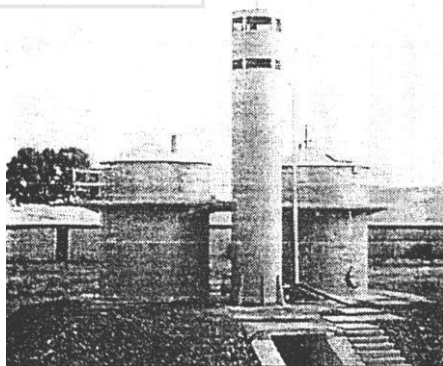


Рис. 3.33. Загальний вигляд станції знезалізнення смт Баришівка

Фільтри переобладналися на пінополістирольні з висхідним фільтраційним потоком і всіма необхідними конструктивними переробками. У блок станції входило два фільтри. Між ними розташовується повітрявідділювач – регулятор швидкості фільтрування. Аерація забезпечується відбиттям звуженого



струменя води від стінок повітрявідділювача над рівнем води. Обв'язувальні трубопроводи в камері між фільтрами покривалися пінополіуританом, що не давало конденсуватися воді. На очищення подається вода з концентрацією заліза до 3...4 мг/дм³, в знезалізненій воді концентрація заліза досягала 0,1 мг/дм³. Фільтри по черзі виводилися на промивання через 1...3 доби. Такі установки дозволили зробити наземну установку резервуарів чистої води, спростити експлуатацію і скоротити обслуговуючий персонал (практично одна людина спостерігає за роботою установки).

Відомо, що на значній території нашої країни основним джерелом забезпечення населення питною водою служать підземні води, використання яких для цілей водопостачання, в порівнянні з поверхневими водами, має цілий ряд суттєвих переваг технологічного і економічного характеру. Проте в більшості випадків дана вода не відповідає вимогам, оскільки, особливо в західних областях України, потужні водоносні горизонти, які залягають на глибинах 50...150 м мають підвищену концентрацію заліза (до 10 мг/дм³), сірководню, вільного вуглекислого газу та потребує подальшої очистки.

Враховуючи те, що побудова комплексу очисних споруд, є порівняно дорогою справою, особливо для сільських населених пунктів, та враховуючи постійне підвищення цін на енергоносії, необхідно запроваджувати такі установки, де будуть суміщуватися водоочисні фільтри з іншими спорудами систем водопостачання. Тобто, на даний час, найбільш перспективними в сільській місцевості є реконструкція металевих водонапірних башт, для створення установок баштового типу з фільтром, завантаженим плаваючою пінополістирольною засипкою. Це дасть змогу не тільки знизити вартість споруд, а й зменшити потребу в електроенергії.

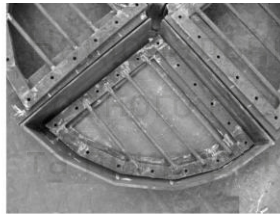
З метою інтенсифікації процесу окислення заліза після аерації у воду можна вводити озон, перманганат калію, хлор, вапно. Дозу хлору слід орієнтовно дорівнювати половині окислюваності у перерахунку на кисень. Доза вапна в перерахунку CaO повинна бути призначена відповідно до норм. Для збільшення брудомісткості засипки прояснювальних фільтрів та підвищення ступеня знезалізнення перед фільтрами можливе введення активної кремнекислоти, поліакриламід, хоча ефект від їх застосування нижче ніж на станціях освітлення. Досвід роботи другого



Донецького водопроводу показує, доцільність введення поліакриламідю перед фільтрами. До складу споруд водопроводу входять: краплинна градирня з площею зрошення 230 м^2 , контактний резервуар на 2000 м^3 , 10 фільтрів загальною площею 420 м^2 . За схемою передбачається подання $35\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$ води зі свердловин на градирню і більше $65\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$ води з вмістом зависі до 20 мг/дм^3 з р. Сіверський Донець безпосередньо в контактний резервуар. Підключення до водопроводу Пришибської групи свердловин (Донецька обл.) збільшило на $20\text{...}32\%$ продуктивність станції, при цьому вміст заліза у вихідній воді склав $3,0\text{...}3,4 \text{ мг/дм}^3$. Якість очищення була невисока – вміст заліза $0,35\text{...}0,46 \text{ мг/дм}^3$. При введенні перед фільтрами поліакриламідю дозою $0,05\text{...}0,1 \text{ мг/дм}^3$ тривалість фільтроциклу збільшилася на $20\text{...}22\%$, вміст заліза у воді, яка подається споживачеві, знизилася до вимог питної води.



а)



б)



в)



г)

ий університет
одарства
олисті/Гання

Рис. 3.34. Реконструкція металевої водонапірної башти в с. Бохоники:

а) загальний вигляд водонапірної башти під час реконструкції; б) заготовки утримуючої решітки перед її монтажем; в) монтажний люк в баці водонапірної башти з встановленим аератором та повітровідділювачем; г) встановлена утримуюча решітка в стволі башти

Останнім часом



використовуються для водопостачання води з вмістом заліза понад 30 мг/дм^3 . Знезалізнення їх навіть методом глибокої аерації не завжди забезпечує зниження вмісту заліза у воді до $0,2 \text{ мг/дм}^3$. У цьому випадку застосовують метод первинної глибокої аерації, обробки води в шарі завислого осаду, потім вторинної спрощеної аерації та фільтрування через зернисту засипку. Така схема ефективна при обробці підземних бікарбонатних, сульфатних та карбонатних вод. Висота шару осаду в прояснювачах із шаром завислого осаду приймається 2 м при висхідній швидкості потоку 1 мм/с . Характерно, що при збільшенні вмісту заліза у вихідній воді зменшується відношення вмісту тривалентного заліза після прояснювача до вмісту заліза у вихідній воді, а відношення концентрації двовалентного заліза до загальної концентрації заліза у воді збільшується. Час зарядки прояснювача становить $12 \dots 45 \text{ год}$. Вода з прояснювача вільно виливається з висоти $0,5 \text{ м}$ на водну гладь фільтра. Це дозволяє провести додатково вторинну аерацію та видалити вуглекислоту. При фільтруванні зі швидкістю до 12 м/год через засипку з зерен піску крупністю $0,7 \dots 1,2 \text{ мм}$ з висотою шару 1 м вміст заліза знижується до $0,13 \dots 0,23 \text{ мг/дм}^3$ протягом $14 \dots 26 \text{ год}$.

Дезодорація води може проводитись шляхом окисленням реагентами, аерацією, сорбцією. При невеликій інтенсивності запахів та присмаків може бути достатнім перинного хлорування, а для інтенсифікації цього процесу можна, як це було описано вище при знезалізненні, проводити додатково аерацію.

В технологічних схемах прояснення і знебарвлення води для інтенсифікації процесу дезодорації вводяться порошкові сорбенти або встановлюються сорбційні фільтри на заключному етапі після швидких фільтрів. За конструкцією вони подібні до швидких фільтрів але засипкою є сорбенти природного або штучного походження.

Природні сорбенти звичайно представлені глинистими породами з катіонною обмінною місткістю (мг-екв/л) – гідрослюда ($0,26$), каолінит ($0,14$), монтморіллоніт ($1,0$), 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 суворо регулюємою тетраедричною структурою, в проміжках якої



знаходиться гідратна вода. При нагріванні вода виходить і утворюються вікна розміром 0,37...0,70 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 з вугілля шляхом видалення смоловатих речовин завдяки дії газів – окислювачів при високих температурах. При цьому використовується порошок та гранульоване вугілля. В процесі сорбування речовин з води пори активованого вугілля заповнюються цими речовинами і для відновлення сорбційної місткості вугілля його оброблюють термічним або хімічним методами. В практиці водопідготовки регенерація вугілля практично не використовується. Тривалість сорбційного періоду для вугілля коливається від двох до тридцяти місяців в залежності, в першу чергу, від концентрації речовин і їх виду.

З порошкових сорбентів найкращим є активоване вугілля марки ОУ-А, яке завозиться в паперових мішках або бочках та зберігається на складі. Обладнання вуглевальної складається з вакуум – бункера із секторним живильником, розчинних баків приготування вугільної пульпи, вакуум-насоса з перекачування пульпи і дозатора ДІМБА. Вводити пульпу 2...10%-ної концентрації можна в водоприймач, резервуар чистої води, перед фільтрами або контактними прояснювачами. При цьому для сорбції забруднень час контакту вугілля з водою має бути 10...20 хв з інтенсивним перемішуванням. Такий складний технологічний ланцюжок із сильним виділенням пилу і вибухонебезпечним виробництвом дозволяє періодично, тільки при великій інтенсивності запаху і присмаку, проводити вуглевання і дезодорацію води. Витрати на будівельно-монтажні роботи з влаштування вуглевальної коливаються від 0,7 до 2,2% від загальної величини вартості будівельно-монтажних робіт всієї станції, а з урахуванням витрат на обладнання вартість вуглевальної складе до 3% від кошторисної вартості станції. Цей відсоток збільшується зі зменшенням продуктивності станції.



Активоване гранульоване вугілля значно дорожче від адгезійних засипок, а тому не доцільно його використовувати для знебарвлення та прояснення води. На сорбційну засипку вода повинна поступати з найменшими показниками кольоровості і каламутності. Сорбційна місткість активованого вугілля залежить в 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 – $0,60\text{см}^3/\text{г}$, АГ-3 при фракціях 1,5...2,8 мм – від 0,8 до $1,06\text{ см}^3/\text{г}$, АГ-5 при фракціях 1,0 – 1,5 мм – від 0,9 до $1,06\text{ см}^3/\text{г}$. 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. Перевагу слід віддавати АГ-3.

Вугільними фільтрами можуть бути напірні або безнапірні фільтри з активованим вугіллям замість кварцового піску. При цьому шар вугілля може призначатися від 0,7 до 3,0 м, а швидкість фільтрування – 10...15 м/год. Для відновлення фільтраційних властивостей вугілля слід використовувати тільки водяну промивку. Час перебування води у вугіллі повинно бути від 10 до 15 хв. На станціях дуже складно встановити додаткові вугільні фільтри, навіть якщо вони займають набагато менше площі, ніж прояснювальні. Тому з метою інтенсифікації процесу дезодорації застосовують вугільно-піщані фільтри, в які легко переробляються прояснювальні швидкі. Досвід такої реконструкції широко застосовується на водоочисних станціях. Зазвичай обв'язувальні трубопроводи, корпус і жолоби залишаються без зміни. Видаляються підтримують шари і встановлюється новий трубчастий щільної дренаж з пластмасових або труб з нержавіючої сталі. Фільтр завантажується спочатку кварцовим піском крупністю 0,7...1,6 мм на висоту 1,0...1,2 м, а потім вугіллям марки АГ-3 з висотою шару від 0,7 до 1,2 м. Перед засипкою вугілля кварцовий пісок потрібно ретельно промити і з поверхні його видалити всі його фракції діаметром менше 0,7 мм. Відносне розширення вугільно-піщаної завантаження приймається близько 45% при інтенсивності промивання 14 – 15 л/(с м²). Тому не завжди висота розташування жолобів дозволить прийняти запропоновану висоту засипки. У цьому випадку зменшують висоту шару вугілля до 0,4...0,5 м, що знижує ефективність роботи фільтра. Завантаження та вивантаження вугілля з фільтру здійснюється гідравлічним



способом, що полегшує працю робітників і менше руйнує зерна вугілля. Швидкість фільтрування слід встановлювати не більше 9 м/год. Фільтрування води здійснюється з обов'язковим підтриманням шару води над засипкою не менше 2,0 м. В іншому випадку в засипці може створюватися вакуум і відбувається виділення повітря, який погіршує роботу фільтру. При появі у засипці повітря під час промивки відбувається винос вугілля разом з промивною водою. Для боротьби з повітрям фільтр зупиняють на 10 хв, а потім починають промивку дуже малою інтенсивністю. З цієї ж причини не можна приймати водоповітряної промивку фільтра. Виснаження сорбційної ємності вугілля залежить від багатьох факторів, тривалість його роботи, як сорбційної засипки, обчислюють від декількох місяців до року і більше. Причому як адгезійна засипка вугілля буде продовжувати працювати і далі, але для відновлення сорбційних властивостей його слід вивантажувати і регенерувати хімічним або термічним методом (в крайньому випадку можна замінити новим). Так як вартість вугілля висока, заміна відпрацьованого вугілля новим прийнятна тільки при тривалому збереженні в даних умовах сорбційної ємності. Погіршується вона при фільтруванні слабо проясненої і знебарвленої на першій ступені очищення води. При цьому на зернах вугілля з'являється сіруватий, що не змивається під час промивання, наліт з гідроксиду алюмінію, як би ізолюючий поверхню сорбції від сорбованих речовин. Отже, з впровадженням вугільно-піщаних фільтрів необхідно максимально інтенсифікувати попередні ступені очищення води. Значно зменшиться заростання зерен вугілля гідроксидом алюмінію при дотриманні послідовності технологічних процесів: спочатку повне прояснення й знебарвлення, а потім дезодорація на вугіллі.

Необхідна послідовність технологічних процесів при проясненні та дезодорації забезпечується на пінополістирольно-вугільних фільтрах. Заміна кварцових швидких фільтрів на пінополістирольно-вугільні зроблена на Сокільському блоці фільтрувальних станцій Ленінського групового водопроводу. Вода водосховищ, з яких подається на фільтри вода, характеризується кольоровістю до 100 град платиново-кобальтової шкали і каламутністю до 60 мг/дм³. У різні періоди року характер запахів та їх інтенсивність досить різні. Так, в окремі місяці осінньо-зимового



періоду переважає гнильної – болотний запах інтенсивністю до 3...5 балів, а весняно-літнього – рибний, болотний з додаванням ароматичних в період масового «цвітіння» водойми інтенсивністю до 4...5 балів. Як правило, з появою запахів і присмаку погіршуються всі фізико-хімічні показники води. Збільшення дози хлору до 13 мг/дм^3 і коагулянту (сірчанокислого алюмінію) до 80 мг/дм^3 не підвищує ефект дезодорації на існуючих спорудах двоступеневої реагентної схеми очистки води. Інтенсифікувати процес очищення дозволило застосування контактних пінополістирольної-вугільних фільтрів, на які оброблена коагулянтом і хлором вода подається безпосередньо із змішувача. На Сокільському блоці фільтрувальних станцій поруч з уже працюючим контактним пінополістирольним фільтром був реконструйований ще один швидкий фільтр площею 5 м^2 на контактний пінополістирольно-вугільний. Гранулометричний склад пінополістирольної засипки фільтра прийнятий: мінімальний і максимальний діаметр гранул відповідно $0,6$ і $2,0$ мм; товщина шару завантаження $1,0$ м. Активоване вугілля марки АГ-3 мало діаметр фракцій $1,2...1,5$ мм, механічну міцність 73% , коефіцієнт неоднорідності $1,13$, еквівалентний діаметр $1,4$ мм, насипну щільність $0,45 \text{ т/м}^3$. Так як запах води на очищення рідко перевищував $3...4$ бали, то товщина шару активованого вугілля прийнята $0,25$ м. При порівнянні роботи контактного пінополістирольно-вугільного фільтра з контактним пінополістирольним фільтром разом з ефектом дезодорації спостерігається підвищення якості фільтрату за каламутністю та кольоровістю. На очищення надходила вода каламутністю до $18,9 \text{ мг/дм}^3$, кольоровістю до 48 град, інтенсивністю запаху до 4 балів. Фільтрат мав каламутність до $0,6...1,5 \text{ мг/дм}^3$, кольоровість $10...12$ град., швидкість фільтрування – до 10 м/год. При такій швидкості шар вугілля знаходиться в щільному стані, хоча при швидкості, близької до 10 м/год, у верхніх шарах вугілля спостерігається незначне рух зерен. Сорбційна ємність активованого вугілля на Сокільському блоці фільтрувальних станцій була вичерпана приблизно через півтора року.

Контрольні запитання



1. Які цілі і задачі інтенсифікації очисних споруд?
2. Опишіть основні фактори, які впливають на ступінь очищення води.
3. Яким чином можна інтенсифікувати безреагентні схеми прояснення і знебарвлення води.
4. Опишіть біопряснювальний фільтр.
5. Опишіть основні способи інтенсифікації реагентних схем прояснення та знебарвлення води.
6. Як працює коридорний прояснювач із шаром завислого осаду та пінополістирольним фільтром?
7. Яким чином вбудувати тонкошарові модулі у відстійники та коридорний прояснювач із шаром завислого осаду ?
8. Опишіть основні способи інтенсифікації попередньої ступені очищення води.
9. Яким чином інтенсифікувати роботу фільтруючої засипки ?
10. Опишіть основні способи покращення промивки фільтруючої засипки.
11. Як підвищити ефективність розподільних систем фільтрувальних споруд?
12. Які існують способи підвищення ефективності дії реагентів?
13. Опишіть схему регенерації коагулянту.
14. Як готуються розчини сучасних флокулянтів?
15. Які існують способи знезалізнення води?
16. Опишіть способи подачі кисню для окислення заліза.
17. Опишіть технологічні схеми знезалізнення води на основ пінополістирольних фільтрів.
18. Якими способами забезпечувати дезодорацію води.

4. СИСТЕМИ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ (СПРВ)



4.1. Мета проведення робіт по інтенсифікації та реконструкції СПРВ

Системи водопостачання включають в себе водозабірні та водоочисні споруди, насосні станції, водоводи, водопровідну мережу з розташованими на ній напірно-регульовальними спорудами. В процесі функціонування ці споруди, внаслідок коливань водопостачання, зміни характеристик водопровідних споруд в процесі експлуатації, ця система перестає задовільняти вимогам споживачів, погіршуються економічні показники. Це перебої у водопостачанні окремих споживачів та цілих мікрорайонів, підвищення експлуатаційних затрат, які в першу чергу пов'язані з перевитратами електроенергії на підйом води, затрати на ліквідацію аварій, які викликані різкою зміною режиму роботи всієї системи, великими втратами води та ін.

Основною задачею обстеження діючих систем водопостачання води є встановлення дійсних параметрів та технічних характеристик всіх споруд з метою:

- визначення оптимальних параметрів та національних режимів роботи окремих споруд та всієї системи водопостачання в цілому;
- створення еквівалентної математичної моделі системи;
- прогнозування зміни характеристик споруд в часі;
- визначення всіх видів робіт по інтенсифікації та реконструкції по кожній споруді;
- зменшення витоків води та її раціональне використання;
- видача рекомендацій по реконструкції та налазці роботи систем водопостачання з метою підвищення ефективності та інтенсифікації її роботи.

4.1.1. Прилади та обладнання для проведення досліджень на діючих системах водопостачання

Для вирішення цілого комплексу задач, що направлені на ліквідацію перерв у функціонуванні систем водопостачання необхідний комплект приладів та обладнання, які дозволяють встановити фактичні параметри водопровідних споруд та умови їх роботи.



Для одночасної фіксації напорів у трубопроводах водопровідної мережі, на насосних станціях і у споживачів використовують манометри-самописці (зокрема, типу МТС – 712 з межами вимірювання 0,4...1,6 МПа і класом точності 1,0). Перед дослідженням манометри повинні пройти перевірки (в лабораторіях Держстандарту, на стендах, а також безпосередньо в місцях їх встановлення за допомогою зразкових манометрів типу МО класу точності 0,4). Манометри встановлюють вертикально на трьохходових кранах, а в недоступних місцях – за допомогою гнучких армованих шлангів.

Для вимірювання гідравлічних опорів трубопроводів використовують зразкові манометри класу точності 0,4 з границями вимірів 0,4, 0,6, 1,0 та 1,6 МПа. Кожний із манометрів повинен пройти перевірку Держперевірку і мати відповідний сертифікат.

У процесі випробувань визначають:

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

Витрати води в трубопроводах виміряють, як правило, стаціонарними витратомірами (за їх наявності) та портативним ультразвуковими витратомірами (типу «Panamatrix», «Взлет», «Днепр» та інші). Для цього витратоміру, вторинний прилад якого по суті є портативним комп'ютером, задають різні інтервали часу для фіксації в його пам'яті миттєвих та інтегрованих витрат води (від секунд до години). Отримані дані вимірів роздруковують на портативному принтері, що є комплектом витратоміра, або окремим файлом переписують на «звичайний» комп'ютер для подальшої обробки засобами *Microsoft Office*.

4.1.2. Етапи проведення робіт по інтенсифікації та реконструкції систем водопостачання



Натурні обстеження СПРВ виконують поетапно :

I етап - ознайомлення із спорудами СПРВ;

II етап – аналіз існуючого стану споруд СПРВ і виявлення передбачуваних причин зниження подачі і тисків води у водоспоживачів;

III етап – визначення фактичних характеристик споруд СПРВ.

На першому етапі роботи необхідно вивчити проекти і виконавчу документацію на всі споруди СПРВ, а також ознайомитися із спорудами в робочому стані на місці.

При ознайомленні з водозабірними спорудами встановлюють тип водозабору, його водоприймальну частину, кількість водозабірних споруд і їх розміри, проектну подачу і тиски, що розвиваються водопідійомниками, тип встановлених насосів і електродвигунів, гідрологічні і гідрогеологічні умови в районі водозаборів, кількість води в джерелах і наявність контрольно-вимірювальних приладів і їх технічний стан.

При ознайомленні з насосними станціями уточнюють тип насосів і електродвигунів і їх паспортні характеристики, напругу електроживлення, кількість всмоктуючих і нагнітальних ліній, їх діаметр і довжину, устаткування контрольно-вимірювальною апаратурою, запобіжною і запірною арматурою. Уточнюється схема розміщення насосних агрегатів, відмітки осей насосів, трубопроводів і підлоги насосної станції. Випишують з журналів подачу і тиск насосів, споживану потужність, напругу і силу струму.

При ознайомленні з водоводами і водопровідними мережами уточнюють по окремих ділянках матеріал труб, діаметр, рік укладання і рік введення в експлуатацію, довжини ділянок, глибину укладання, наявність оглядових колодязів, запобіжної, водорозбірної і запірної арматури і рельєф місцевості.

При ознайомленні з регулюючими і напірно-регулюючими спорудами уточнюють їх кількість, основні розміри (внутрішній діаметр і висоту), проектні відмітки, місткість, наявність вентиляційних, світлових люків і люків-лазів, наприклад перемикачів, приладів для виміру і сигналізації рівнів води в них і їх працездатність. Уточнюють схему розміщення трубопроводів,



наявність на них запірної арматури і визначають площу дзеркала води в цих спорудах.

На другому етапі роботи, маючи загальне уявлення про споруди і їх технічну можливість, проводять аналіз стану споруд СПРВ і задалегідь виявляються основні причини зниження подачі і тисків у водоспоживачів.

При цьому, порівнюють подачу води з водних джерел з подачею насосних станцій, що живлять мережу, а також порівнюють тиски, що розвиваються насосами, з тиском на початку і в кінцевих ділянках мережі.

На третьому, найбільш відповідальному етапі роботи визначають фактичні характеристики водозабірних споруд, насосних агрегатів, водоводів і водопровідних мереж, а також напірно-регулюючих споруд.

Як встановлено досвідом, найбільший вплив на зниження подачі і тисків у водоспоживачів мають є водоводи, водопровідні мережі і насосні станції.

4.2. Визначення гідравлічних характеристик водопровідних ліній

4.2.1. Визначення гідравлічних опорів водоводів

Досліджуваний водовід розбивають на ряд ділянок залежно від матеріалу, діаметру труб і рельєфу місцевості. Кожна ділянка досліджуваного водовода має бути виконана з труб однакового матеріалу і діаметру.

В кінці і початку, кожної ділянки водовода, в оглядових колодязях, на сталевих вставках, приварюють патрубки з різьбленням М20х1,5 для установки зразкових манометрів типа МО класу точності 0,4. Установка манометрів виконується за допомогою 3-х ходових кранів з приєднувальним різьбленням М20х1,5. Крім того, манометри встановлюють, по можливості, в знижених і підвищених точках водовода. В точках підвищення водовода, замість манометрів, залежно від режиму їх роботи, встановлюють вакуумметри або мановууметри. Після установки манометрів визначають відмітки їх осей шляхом нівелювання.



За показами манометрів визначають втрати тиску на досліджуваних ділянках водовода. Подачу води по водоводу визначають за допомогою витратомірів (дифманометрів індукційних), а при їх відсутності – об'ємним способом.

Для визначення подачі води по водоводу об'ємним способом використовують резервуари чистої води, в які поступає вода з досліджуваного водовода або резервуари, з яких забирається вода і подається в досліджуваний водовід.

Перед проведенням вимірів перевіряють резервуар на герметичність при закритих засувках на трубопроводах, якими він обладнаний. При цьому спостерігають за зміною рівня води в резервуарі за допомогою стаціонарних встановлених рівнемірів або поплавцевого рівноміра, що встановлюється в резервуар через люк-лаз або світловий люк. Спостереження за рівнем води в резервуарі ведуть протягом 30 хвилин.

Під час випробувань водовода всі відгалуження від нього відключають засувками. Спостереження за свідченнями манометрів і зміною рівня води в резервуарі, при вимірі опорів водовода ведуть протягом 1...1,5 години.

При використанні рівнемірів всіх типів їх точність виміру має бути не менше 0,001 м.

Запис свідчень манометрів і рівнемірів ведуть через кожних 5...10 хвилин, контролюючи час за допомогою секундоміра типа СДСпр-1-2 або СОПр.

Втрати напору на ділянках водовода визначають за формулою

$$h=100(C_n \cdot n_n - C_k \cdot n_k) + (Z_n - Z_k), \quad (4.1)$$

де C_n і C_k – ціна поділки манометра, встановленого відповідно на початку і кінці досліджуваної ділянки;

n_n і n_k – кількість поділок, що знімаються по манометрах відповідно на початку і кінці досліджуваної ділянки;

Z_n і Z_k – відмітки осей манометрів, встановлених відповідно на початку і кінці ділянки.

Ціну поділки визначають за формулою

$$C_i P_{\max i} / N_{ш}, \quad (4.2)$$

де $P_{\max i}$ – максимальна межа виміру тиску манометрів в МПа;

$N_{ш}$ – кількість поділок шкали манометра. При вимірі тиску манометрами з шкалою в кгс/см² втрати тиску визначаються по

формулі (4.1), але замість коефіцієнта 100 підставляють коефіцієнт 10, або за формулою

$$h = M_1 - M_2 + \Delta Z, \quad (4.3)$$

де M_1 і M_2 - покази манометрів (напори) на початку і в кінці ділянки, м.вод.ст;

ΔZ – перевищення вісі манометра на початку ділянки над віссю манометра в її кінці, яке вимірювалось за допомогою нівеліра, м.

Витрату води, що поступає по водоводу, визначають по формулі

$$Q = (F_p \times \Delta H) / t, \quad (4.4)$$

де F_p – площа дзеркала води в резервуарі, м²;

ΔH – величина заміру рівня води в резервуарі протягом часу спостереження t секунд.

При відомих втратах напору h витратах води q і довжині l трубопроводу його фактичний питомий опір визначають за формулою

$$A_\phi = \frac{h}{1 \cdot q^\beta}, \quad (4.5)$$

де β – показник степеня, який залежить від матеріалу труб. За величинами A_ϕ – визначають коефіцієнти збільшення гідравлічного опору K_s водопровідних труб в процесі експлуатації

$$K_s = \frac{A_\phi}{k} \cdot d_{\text{вн}}^m, \quad (4.6)$$

де k і m – коефіцієнт і показник степеня, який залежить від матеріалу труб ;

$d_{\text{вн}}$ – розрахунковий внутрішній діаметр труб, м.

Отримані таким чином величини коефіцієнтів збільшення гідравлічних опорів водопровідних труб K_s входять складовою до математичних моделей СПРВ і є основою для прогнозних розрахунків їх зміни в процесі експлуатації.

Приклад. Визначити гідравлічний опір водоводу і коефіцієнт його збільшення, якщо фактичні втрати в ньому складають $h = 30$ м, витрати $Q = 350$ л/с, $L = 850$ м, $A_{\text{мабл.}} = 0,05784$ с²/м⁶.

1. Гідравлічний опір водовода визначається за формулою



$$A_{\phi} = h_{ij} / L_{ij} \cdot Q^2 = 30 / 850 \cdot 350^2 = 0,00000028811 \text{ с}^2/\text{л}^2 = 0,28811 \text{ с}^2/\text{м}^6$$

2. Коефіцієнт збільшення гідравлічного опору визначається за формулою $K_{\text{зб}} = A_{\phi} / A_{\text{табл}} = 0,28811 / 0,05784 = 4,98$

4.2.2. Визначення опорів ділянок водопровідної мережі

Вимір гідравлічних опорів проводять окремо по ділянках залежно від діаметрів труб, наявності пожежних гідрантів і засувок, що відключають випробовувану ділянку мережі.

Для труб мережі з діаметрами до 300 мм вимір опорів проводять методом "двох манометрів" і скиданням води через один або декілька послідовно розташованих пожежних гідрантів. Вимір опорів ділянок мережі діаметром більше 300 мм проводять методом "трьох манометрів".

Вимір методом "двох манометрів" (рис.4.1) проводять таким чином: для вимірів вибирають ділянку мережі завдовжки не менше 50...100 м, виконану з труб однакового діаметру і матеріалу, на якому є не менш 2-х - 3-х гідрантів і засувка, розташована за або перед одним з гідрантом, що дозволяє відключати ділянку від мережі лише з одного боку.

На перших двох гідрантах Γ_1 і Γ_2 встановлюють стендери із зразковими манометрами для виміру тиску в цих точках і визначення по ним втрат тиску. На третьому гідранті вмонтовують стендер, обладнаний двома патрубками з водомірами типу ВТ-80, через який виконують скидання води при закритій "осьовій" засувці.

Під час випробування всі споживачі, що відбирають воду по довжині випробовуваної ділянки відключаються засувками, встановленими на відгалуженнях. Надійність закриття засувок перевіряється до початку вимірів за свідченнями манометрів M_1 , і M_2 . Ці свідчення повинні відрізнятись на величину різниці геодезичних відміток осей манометрів M_1 і M_2 , яку визначають до початку вимірів нівеляцією, а відстані між ними визначають мірною стрічкою.

У випадку, якщо відсутні на ділянці гідранти Γ_1 і Γ_2 то замість їх в оглядових колодязях, на трубопроводах (сталевих вставках)



приварюють штуцери діаметром 20 мм з різьбленням М 20х1,5 для приєднання манометрів.

Під час вимірів кількість води, що скидається, регулюють мірою відкриття гідранта і шиберів стендера.

Вимір кількості води, що скидається, і зняття свідчень манометрів M_1 і M_2 починають одночасно. Час від початку і до кінця вимірів фіксують секундоміром типа СДСпр –1-2 або СОПпр. Виміри витрат води, що скидається, і зняття свідчень манометрів проводять не менше 3 разів, для кожного режиму.

За даними вимірів визначають фактичний опір трубопроводу по формулі (4.4), а втрати тиску – по формулі (4.1).

Витрата води, що поступає по ділянці мережі, визначають по формулі

$$Q = (P_k - P_n)/t, \quad (4.7)$$

де P_k і P_n – свідчення водоміра відповідно в кінці і початку виміру, m^3 ; t – тривалість виміру, с.

Степінь збільшення опору ділянки мережі оцінюють коефіцієнтом $K_{зб}$, який визначається по формулі (4.6).

Вимір методом "трьох манометрів" (рис.4.2) проводять наступним способом:

вибирають ділянку мережі завдовжки не менше 100-200 м, яка виконана з труб однакового діаметру і матеріалу, на якій є не менш 1-го гідранта. У водопровідних колодязях на приварених патрубках встановлюють зразкові манометри і за допомогою нівелювання визначають геодезичні відмітки їх осей.

На гідрант, розташований між манометрами M_1 і M_2 , вмонтовується стендер, обладнаний двома патрубками і водомірами марки ВТ-80 для скидання води. Під час випробувань всіх водоспоживачів на досліджуваній ділянці відключають.

Вимір кількості води, що скидається, і зняття показів манометрів починають одночасно, засікаючи початок і кінець вимірів по секундоміру. Величина витрати, що скидається, має бути не менше 10% від транзитної витрати Q . Кількість спостережень повинна бити не менше трьох. Тривалість кожного спостереження повинна складати не менш 3-х хвилин при сталому режимі рухи води.

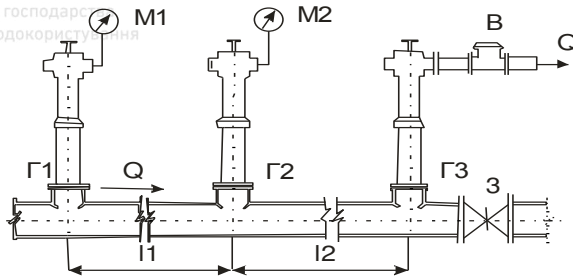


Рис. 4.1. Схема виміру гідравлічних опорів труб методом "двох манометрів"

Умовні позначення до рисунків 4.1 та 4.2.

M1 і M2 – манометри, В- водомір Г1, Г2, Г3 – пожежні гідранти, 3- осьова засувка

Фактичний питомий опір трубопроводів визначають по формулі

$$A_{фкт} = q^{1/2} \times \left(\sqrt{h_1/l_1} - \sqrt{h_2/l_2} \right), \quad (4.8)$$

де h_1 і h_2 – втрати напору відповідно на ділянках l_1 і l_2 , визначаємо за формулою (1.1).

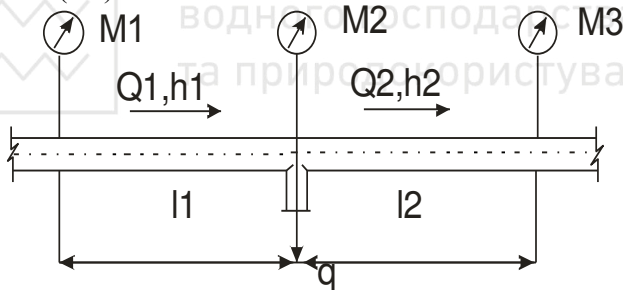


Рис. 4.2. Схема виміру гідравлічних опорів труб методом "трьох манометрів"

Приклад. Визначити фактичний гідравлічний опір ділянки водопровідної мережі методом «двох манометрів», якщо $d = 150$ мм, $M_1 = 60$ м, $M_2 = 50$ м, $L = 100$ м, $Z_1 = Z_2$, $q = 20$ л/с.

Фактичний опір водопровідної мережі визначається за формулою

$$A_{\phi} = (M_1 - M_2) / L \cdot Q^2 = (65 - 55) / 100 \cdot 20^2 = 250 \text{ с}^2/\text{м}^6$$

Приклад. Визначити фактичний гідравлічний опір ділянки водопровідної мережі методом «трьох манометрів», якщо $h_1 = 4$ м, $h_2 = 5$ м, $L_1 = 40$ м, $L_2 = 60$ м, $q = 35$ л/с.



Фактичний гідравлічний опір ділянки водопровідної мережі

визначається за формулою $A_6 = 1/q^2(\sqrt{h_1}/\sqrt{L_1} - \sqrt{h_2}/\sqrt{L_2}) =$

$$1/(35)^2(\sqrt{4}/\sqrt{40} - \sqrt{5}/\sqrt{60}) = 22,14 \text{ с}^2/\text{м}^6$$

4.3. Манометрична зйомка

Найбільш трудомісткою, масштабною і значимою для визначення фактичних параметрів СПРВ є манометрична зйомка [3]. Основою методики її проведення є встановлення картини одночасної зміни напорів у всій водопровідній мережі при різних режимах розбору і подачі води. На основі набутого досвіду при проведенні натурних досліджень СПРВ для підвищення ефективності аналізу їх роботи, встановлення причин зміни параметрів та розроблення рекомендацій із їх удосконалення встановлено [3], що в процесі манометричної зйомки додатково потрібно вирішувати такі питання:

- визначення реальної схеми живлення водопровідної мережі і виявлення ролі кожної насосної станції та напірно-регулювальних споруд при різних режимах роботи СПРВ;
- визначення фактичних витрат води: від насосних станцій; по основних магістралях мережі; великими водо споживачами;
- встановлення фактичних добових графіків подачі води в мережу від кожної насосної станції.

Для одночасної фіксації напорів у трубопроводах водопровідної мережі, на насосних станціях і у споживачів використовують манометри-самописці (зокрема, типу МТС – 712 з межами вимірювання 0,4...1,6 МПа і класом точності 1,0). Перед дослідженням манометри повинні пройти перевірки (в лабораторіях Держстандарту, на стендах, а також безпосередньо в місцях їх встановлення за допомогою зразкових манометрів типу МО класу точності 0,4). Манометри встановлюють вертикально на трьохходових кранах (рис.4.2), а в недоступних місцях – за допомогою гнучких армованих шлагів.

Для проведення манометричної зйомки здійснюється приварювання патрубків (штуцерів) до сталевих вставок у водопровідних колодязях. Якщо зробити приварювання штуцерів ручною зваркою електродуги до них неможливо, тоді необхідно



відшукати поряд розташований водопровідний колодязь із сталевими трубами або установку манометра здійснювати шляхом забивання бронзового або латунного конічного штуцера з максимальним діаметром 7...8 мм в просвердлений отвір діаметром 5...6 мм.

Штуцери необхідно розміщувати вертикально і по можливості на відстані не менше 250..260 мм від стінки колодязя, виступаючих фасонних частин і арматури. Якщо немає можливості приварити штуцер на вище вказаних відстанях, то допускається установка манометра за допомогою гнучкого гумового шланга високого тиску. При цьому манометр кріпиться до стінки колодязя за допомогою кріплення для стаціонарної установки, що входить в комплект постачання заводом-виготовником.

Місця приварювання патрубків вибираються з врахуванням:

- особливості конфігурації водопровідної мережі;
- місць підключення крупних водоспоживачів;
- місць пересічення магістральних ліній великих діаметрів;
- інтересів експлуатуючих організацій;
- скарг, що поступають від населення міста;
- попередніх розрахунків на ЕОМ.

Для побудови карти п'єзометричних тисків необхідно знати геодезичну різницю висотних положень осей манометрів. Визначення висотного положення манометрів виробляється технічним нівелюванням, способом з середини, з прив'язкою до існуючої геодезичної мережі міста або населеного пункту. Після виконання робіт складається акт встановленої форми, який повинен зберігатися в архівних матеріалах організації, провідного дослідження не менше 10 років.

При виборі місць (контрольних точок) встановлення манометрів-самописців необхідно врахувати, що вони повинні максимально охопити всю мережу населеного пункту, бути доступними і захищеними, найповніше фіксувати картину зміни п'єзометричних напорів в СПРВ. Їх першочергово встановлюють на насосних станціях, водоводах і основних магістральних лініях, у місцях підключення великих споживачів води, на станціях підкачки тощо.

Витрати води в трубопроводах вимірюють, як правило, стаціонарними витратомірами (за їх наявності) та портативними

ультразвуковими витратомірами (типу «Panametric», «Взлет», «Днепр» та інші). На основі карти п'єзометричних напорів СПРВ визначають зони недостатніх та надлишкових напорів, перевантажені і недовантажені ділянки мережі, границі зон впливу кожної насосної станції зміні режимів подачі та розбору води. Такі карти можна брати за основу для базового варіанту математичної моделі СПРВ. При цьому отримані в результаті гідравлічних розрахунків для існуючого стану п'єзометричні позначки та витрати води в трубах повинні максимально наближуватись до отриманих п'єзометричних напорів та вимірених витрат води. Це досягається в процесі ідентифікації водопровідної мережі.

Аналіз результатів гідравлічних режимів, зокрема, на перспективу та для аварійних ситуацій, дозволяє виявити сховані конструктивні та набуті експлуатаційні недоліки СПРВ. Їх ліквідація дає змогу оцінити ефективність удосконалення СПРВ як першочергових заходів, а на їх основі визначити найбільш технологічно доцільний та економічно вигідний варіант реконструкції.

4.4. Реконструкція ділянок водопровідних мереж безтраншейним способом шляхом відновлення пропускної здатності

Для ремонту трубопроводів шляхом проведення санації їх внутрішньої поверхні застосовують наступні технології:

- нанесення цементно-піщаних або полімерних покриттів на внутрішню поверхню труб що підлягають ремонту;
- протягування всередину старого трубопроводу нових пластмасових труб меншого діаметра;
- протягування всередину старого трубопроводу попередньо профільованих пластмасових труб;
- використання гнучкого комбінованого рукава (панчохи).

На внутрішню поверхню трубопроводу цементно-піщаний розчин наносять облицювальними агрегатами з обертовими відцентровими головками і розгладжувальними пристроями (рис. 4.3). Агрегат протягується через ділянку трубопровода за допомогою лебідки 1. Цементно-піщаний розчин готується в бетономішалці 2 і подається шлангом 3 під тиском в голівку



агрегату 4. Товщину покриття регулюють напором цементно-піщаного розчину, що надходить до розпилюючої голівки, швидкістю її обертання і швидкістю проходження агрегату через трубопровід. За один прохід можна нанести шар товщиною від 3 до 12 мм. Вирівнювання і загладжування нанесеного шару здійснюють легким металевим конусом, який кріпиться на штанзі. Проведення ремонту трубопроводів цим методом приблизно в три рази дешевше, ніж перекладання труби відкритим способом, а тривалість робіт скорочується майже в 10 разів.

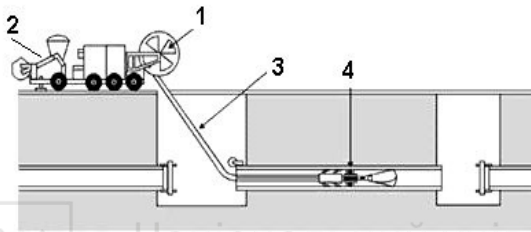


Рис. 4.3. Нанесення цементно-піщаного покриття внутрішньої поверхні трубопроводу

Поряд з цементно-піщаним покриттям використовується напильня на внутрішню поверхню металевих труб синтетичних матеріалів на основі епоксидних смол. Напильованні захисні покриття мають низьку шорсткість, що зумовлює зниження втрат напору і витрат електроенергії на транспортування води при збереженні її якості. Полімерне захисне покриття наносять так само, як і цементно-піщану суміш.

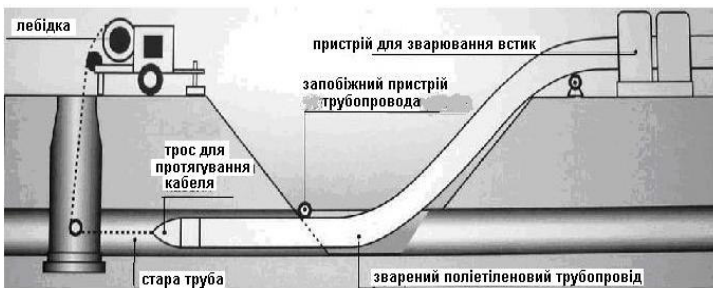


Рис. 4.4. Санация старого трубопровода шляхом протягування через нього пластмасового трубопроводу, звареного в батіг

Попередньо зварені у батіг пластмасові труби (метод «Пайплайнінг») в старий трубопровід протягують через колодязь або відритий на мережі приямок. На горловині приймального колодязя встановлюють лебідку, трос від якої приєднують до пристрою для захоплення і підтягування нової труби. Схема процесу втягування нового трубопроводу в старий наведена на рис. 4.4. Розміри приймального котловану, як правило, залежать лише від конфігурації вузла, який буде зібраний в котловані після закінчення робіт по протягуванню поліетиленової труби. Перед початком санації трубопровід перевіряють на «прохідність». Для цього через трубопровід протягують «шаблон» зі шматка сталеві труби, діаметр якої трохи перевищує діаметр пластмасової труби. Недоліком даної технології є значне зменшення живого перетину трубопроводу, перш за все за рахунок кільцевого зазору між стінками старої і нової труб. Наприклад, при санації сталеві труби діаметром 400 мм внутрішній діаметр нової труби зменшується до 315 мм.

Метод санації трубопроводів («Інсітуформ», «Фенікс») армуванням внутрішньої поверхні трубопроводу спеціальним м'яким рукавом (рис.4.5) полягає в протягуванні кислотостійкого поліефірного волокна, просоченого епоксидною смолою.

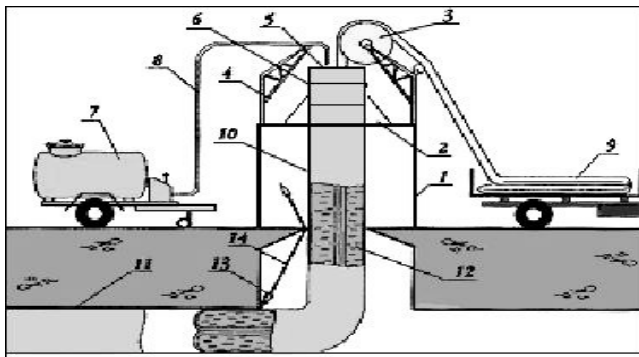


Рис. 4.5. Схема введення рукава в трубопровід:

1 – пристрій для введення рукава; 2 – робочий майданчик; 3 – ролик, 4 – піраміда, 5 – шахта; 6 – хомут; 7 – резервуар з водою, 8 – шланг, який подає розчин; 9 – контейнер з рукавом ; 10 – рукав; 11 – трубопровід; 12 – шахта з водою



Безшовний полімерний рукав, у підготовленому до укладання вигляді, доставляють до місця проведення робіт. Рукав пропускають через шахту і кріплять до початку ремонтної ділянки трубопроводу. Шахту заповнюють водою, під тиском якої рукав вивертається навиворіт і проходить у порожнину труби на всю довжину ремонтної ділянки. Подавати рукав у старий трубопровід можна за допомогою стиснутого повітря. Повітряний або водний потік забезпечує просування оболонки по довжині трубопроводу з щільною фіксацією його внутрішньої оболонки до внутрішньої поверхні трубопроводу за допомогою попередньо нанесених клейових складів (епоксидної смоли). Наступною стадією є полімеризація, в результаті якої відбувається затвердіння клейових складів і всієї оболонки. Для інтенсифікації затвердіння рукава, виконують його термообробку, заповнюючи трубопровід парою або гарячою водою. Область застосування методу нанесення суцільного полімерного покриття - сталеві та чавунні труби діаметром 150 ... 900 мм. Довжина ремонтної ділянки залежить від діаметра відновлюваного трубопроводу: при діаметрі 150 мм вона становить 500 м, при діаметрі 300 мм - 300 м, при діаметрі 900 мм - 100 м.

При відновленні трубопроводів використовують протягування нової труби з руйнуванням старої. Для протягання використовується тяговий пристрій, що працює від автономної гідростанції. Старий трубопровід руйнують ножами і розширювачем. Залишки старої труби вдавлюються в ґрунт (рис.4.6).

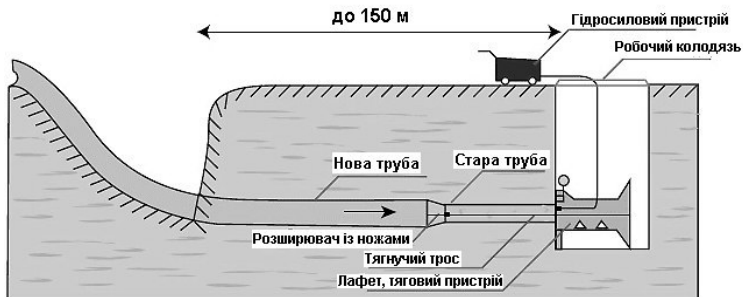


Рис. 4.6. Схема протягування нової труби з руйнуванням старої



4.5. Витоки води із водопровідної мережі. Методи, класифікація, визначення

Технологічні витрати та втрати води мають місце протягом усього технологічного ланцюжка видобування, очистки, транспортування, реалізації та використання води споживачами.

Так, при видобуванні й очистці води необхідно виконувати промивки обладнання та споруд за технологічними регламентами (сіток, відстійників, фільтрів), планові промивки трубопроводів тощо. На етапі транспортування вода втрачається через нещільності трубопроводів, при їх пошкодженнях та аваріях, витрачається на промивку та дезінфекцію водопровідної мережі тощо.

Частка води з системи водопостачання витрачається на власні потреби працівників Водоканалу (господарсько-питні потреби, душі тощо), утримання зон санітарної охорони і споруд водопостачання у належному санітарному стані, потреби допоміжних цехів (котельні, гаражі, майстерні тощо).

На етапі реалізації вода недообліковується через метрологічні характеристики лічильників, витрачається без обліку на пожежогашіння та перевірку протипожежних пристроїв та систем, викрадається з мережі через несанкціоновані приєднання тощо.

У внутрішніх водопровідних мережах вода втрачається через витоки з трубопроводів, водорозбірної арматури, через нераціональне користування водою (наприклад, через охолодження продуктів проточною водою, не закриття водорозбірних кранів під час гоління, приготування їжі, прання білизни тощо). Експлуатаційні організації мають технологічні витрати води: на поливання зелених насаджень і твердих покриттів прибудинкової території, на прибирання місць загального користування, на промивку внутрішньобудинкової мережі холодного та гарячого водопостачання тощо.

Втрати та технологічні витрати води з системи водопостачання поділяються, перш за все, на дві великі категорії:

- із зовнішніх мереж і споруд (які на рівні затверджених індивідуальних технологічних нормативів використання води (ІТНВВ) підприємства ВКГ включають до лімітів забору води з джерел та до тарифів на воду);



- із внутрішньобудинкових мереж і водорозбірної арматури (які ще не нормуються і оплачуються споживачами, житлово-експлуатаційними організаціями.

Втрати та технологічні витрати води із зовнішніх систем водопостачання на підприємствах ВКГ України поділяються на 5 груп:

1. Технологічні витрати води при підйомі, очищенні та її транспортуванні, включаючи технологічні витрати на допоміжних об'єктах підприємства.
2. Втрати води на очисних спорудах водопроводу.
3. Втрати і необліковані витрати води з системи подачі і розподілу води.
4. Витрати води на господарсько-питні потреби працівників підприємства (або цеху) водопровідного господарства.
5. Витрати води на утримання території зон санітарної охорони і споруд у належному санітарному стані.

Втрати та технологічні витрати води з внутрішньобудинкових систем водопостачання можна поділити на:

1. Технологічні витрати води на промивку внутрішньої системи водопостачання.
2. Технологічні витрати води на поливання прибудинкової території.
3. Технологічні витрати води на прибирання місць загального користування та прибудинкової території.
4. Інші технологічні витрати (на утримання виробничих майстерень, транспортних засобів, утримання дворових туалетів тощо).
5. Втрати води через пошкодження трубопроводів та спорожнення системи для ремонтних робіт.
6. Витоки з водорозбірної арматури.
7. Необлічені витрати через недостатню чутливість квартирних водолічильників та погіршення їх метрологічних характеристик.
8. Необлічені витрати на протипожежні заходи (у будинках з внутрішнім пожежогасінням).

Втрати води на очисних спорудах водопроводу (ОСВ) включають:

- втрати води через пошкодження трубопроводів ОСВ (до насосної станції 2-го підйому);



- втрати води через спорожнення трубопроводів на ОСВ для проведення ремонтів;

- витoki через змочену поверхню ємнісних споруд ОСВ (змішувачів, відстійників, фільтрів, резервуарів чистої води тощо);
- витoki через нещільності запірної арматури, яка встановлена на випусках промивних вод і осадів із окремих споруд і перебуває під постійним статичним тиском води (приймається до 4% від подачі води у місто при наявності фільтрів з низьким відводом промивної води. В інших випадках - до 1%).

Втрати і необлічені витрати води з системи подачі та розподілу води (СПРВ) складаються з:

- фізичних втрат води через пошкодження й аварії водоводів і мережі;

- через спорожнення труб для проведення ремонтних робіт;

- витоків з водорозбірних колонок та резервуарів чистої води, які знаходяться в СПРВ (після насосних станцій 2-го підйому);

- необлічених витрат води через недостатню чутливість водолічильників на вводах абонентів та погіршення їх метрологічних характеристик;

- витрат води на протипожежні цілі та комерційних втрат води (через приєднання до водопроводу без відома експлуатаційної організації, недозволений розбір води через обвідні трубопроводи поза лічильниками, з гідрантів, водорозбірних колонок тощо).

Витрати води на утримання зон санітарної охорони і споруд водопостачання в належному санітарному стані /на поливання твердих покриттів і зелених насаджень/ розраховують відповідно до площі твердих покриттів і зелених насаджень за нормами СНиП 2.04.02-84 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди" .

Внутрішньобудинкові мережі повинні щороку піддаватися гідравлічній промивці при підготовці системи внутрішнього водопроводу до експлуатації в осінньо-зимовий період.

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

Це найбільш вагома складова втрат води в житлових і громадських будинках. Так втрати води з одного несправного змивного бачка можуть досягати 17 м³/добу, а з несправного змішувача - 10 м³/добу. Якщо несправні змішувачі (особливо крани

гарячої води) викликають занепокоєність споживачів і якщо ремонтується, то витoki із змивних бачків можуть не усунутись місяцями.

Статистикою встановлено, що витoki із змивних бачків складають до 90 % від загального обсягу втрат води. В цілому по Україні витoki з внутрішньобудинкової арматури складають 30 - 40% від кількості води, поданої в житлові та громадські будинки.

Середньоевропейською величиною витоків з водорозбірної арматури за різними даними є 10 - 15% від кількості поданої в будинки води.

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

- по замірах нічної витрати стічних вод на каналізаційних випусках;
- за допомогою водолічильників, що встановлені на вводі в будинок;
- шляхом контрольних вибіркового оглядів санітарно-технічних пристроїв та арматури у квартирах.

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

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

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

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

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

Рейку опускають у лоток будинкового колодязя перпендикулярно вісі потоку, піднімають і по висоті змочування



рейки водою визначають глибину потоку стічних вод у сантиметрах. Такі заміри виконують 2-3 рази в період з 1.00 до 5.00 та визначають середню арифметичну величину глибини потоку.

У табл.4.1 наведено залежність витрати води від глибини потоку (лоток колодязя стандартний напівкруглий, діаметром 150 мм).

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

$$Q_{доб} = \frac{q_{нум} N}{1000}, \quad (4.9)$$

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

N – кількість мешканців будинку.

Таблиця 4.1

Визначення витрати води по глибині потоку

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

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

$$Q_{кор.год} = \frac{0,2N}{1000}, \quad (4.10)$$

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

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



$$q_{вит} = 21(Q_n - Q_{кор.вод}), \quad (4.11)$$

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

Q_n – визначають за таблицею 4.1.

Відносну величину витоків ($Q_{вит.}$) у відсотках від загального добового споживання води у будинку, м³/доб, визначають за формулою

$$Q_{вит} = \frac{q_{вит}}{Q_{доб}} 100\%, \quad (4.12)$$

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

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

По табл. 4.1. визначають середню годинну нічну витрату води в будинку $Q_n = 3,6$ м³/год.

Розраховують абсолютну величину витоків

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

Визначають загальну добову витрату холодної та гарячої води в будинках за нормами, що встановлені міським органом влади, для будинків вищого ступеня благоустрою

($q_{вит.} = 300$ л/доб. чол.)

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

Відносні величини витоків визначаються за формулою

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

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



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

Для проведення замірів витоків може бути встановлений контрольний водолічильник з покращеними метрологічними характеристиками.

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

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

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

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

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

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

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

При витокax із змішувачів та кранів, коли при легкому (двома пальцями) закручуванні маховичка витoki припиняються, їх вважають з провини мешканця та у кількості несправної арматури не включають, проте в обсяг витоків зараховують. Витокami з



провини мешканця вважають і незакриті крани у ванній або кухні на момент роботи комісії.

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

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

4.5.1. Основні напрямки скорочення витрат води із зовнішніх мереж і споруд водопостачання

В країнах, де існує жорсткий зв'язок між кількістю спожитої води і оплатою за неї, відносно легко керувати споживанням за допомогою відповідної цінової політики. В Україні, де такого зв'язку наразі немає, регулювати водоспоживання набагато важче. Тим не менше, існує декілька доступних способів, ефективність яких перевірена практикою:

1. *Зменшення тисків в системі:* Найпростішим і найдешевшим заходом є зменшення тисків в системі в години не пікового водоспоживання;

2. *Регулювання тисків в мережі:* Проблема надлишкових тисків характерна для багатьох міст України. Вона може бути спричинена різними чинниками, в тому числі: відсутністю зонування розподільчої мережі по тиску, надлишковою потужністю насосів, відсутністю регулювання режимів роботи насосів на станціях підкачки.

3. *Профілактичний ремонт санітарно-технічних приладів:* Внаслідок відсутності ефективного власника житла ремонт та профілактика сантехніки у населення, не обладнаного приладами обліку, переважно не виконується. Разом з тим, це один з найефективніших заходів для скорочення водоспоживання населення.

4. *Виставлення рахунків за фактично спожиту воду:* Безумовно забезпечує скорочення споживання води населенням. Для багатоквартирних будинків можливими шляхами налагодження такого обліку є встановлення квартирних або будинкових



лічильників води. Кожний з цих способів має свої переваги і недоліки.

Квартирні лічильники, в поєднанні з відповідною тарифною політикою, найкраще стимулюють окремих споживачів до раціонального водоспоживання і усунення витоків. Так, наприклад, 100% встановлення квартирних лічильників з одночасним збільшенням тарифів на воду майже в три рази дозволило скоротити водоспоживання мешканців багатоквартирних будинків з 225 до 100 л/люд/добу протягом 5 років. Будинкові лічильники менше спонукають споживачів у квартирах до економії води. Разом з тим вони є необхідною умовою для визначення достовірного водного балансу системи і зменшення різниці між обсягами видобутої і реалізованої води, що надзвичайно актуально для водоканалів України в сучасних умовах.

Для того, щоб цей захід дав бажані результати, потрібно:

- використовувати якісні лічильники з відповідними метрологічними характеристиками;
- забезпечити збереження встановлених лічильників;
- організувати систематичне зчитування показів і належну експлуатацію лічильників;
- вирішити низку юридично-правових питань тощо.

5. *Інформаційно-просвітницька робота з населенням:* Шлях, який в перспективі дозволить не тільки зменшити нераціональне водоспоживання і втрати води в житловому секторі, але й збільшити рівень збору оплати за послуги водопостачання, залучити населення до вирішення проблем водоканалів, - є вплив на культуру водоспоживання шляхом інформаційно-просвітницької роботи з населенням.

Найбільші технологічні витрати води на етапі очистки – це втрати *на промивку фільтрів*. Радикальним заходом щодо скорочення цих витрат (з 6...14 % від подачі води в СПРВ до 2...4 %) є будівництво систем повторного використання промивних вод фільтрів та осадів відстійників. При цьому будуються резервуари для збирання та відстоювання промивних вод, насосна станція для перекачування відстоюної води у змішувач або на фільтри та споруди для обробки осадів (для їх зневоднювання та утилізації).



Досить великими втрати води можуть бути через *несправність засувок на випусках води та осаду* з відстійників, камер реакції та промивних вод з фільтрів (до 25 % від подачі в СПРВ).

Радикальним рішенням може бути зміна конструкцій швидких фільтрів на фільтри з високим відводом промивних вод, в яких засувки на випуску промивних вод зовсім відсутні, що гарантує відсутність будь-яких втрат води у міжпромивний період. Такі фільтри діють на Деснянському та Новодніпровському водопроводах м. Києва.

З метою попередження великих втрат води з очисних споруд необхідно періодично провадити вимірювання витоків у період відсутності технологічних скидів води у систему промислової каналізації, виконувати планово-попереджувальні ремонти або заміну засувок, не допускати втрат води через переливні пристрої відстійників, фільтрів та резервуарів чистої води.

Найбільші втрати та необліковані витрати води на етапі її транспортування та реалізації *виникають через пошкодження водоводів і мережі та недооблік водолічильників*, встановлених на вводах абонентів.

Так, втрати води через пошкодження трубопроводів на водопроводах України коливаються в межах 25...60 % від подачі води в систему ПРВ, а необлічені витрати води через недооблік водолічильників – у межах 1,3...8,0 %.

Основними заходами щодо скорочення втрат води через пошкодження трубопроводів є:

- регулювання тиску у зовнішніх мережах водопостачання у мінімально достатніх межах (наприклад, у Токіо - тиск у зовнішніх мережах не перевищує 15 м, у Нідерландах – 20 м, а у Великій Британії – 30 м вод.ст., що регламентується будівельними нормами цих країн);
- скорочення часу локалізації аварій, пошуку місць пошкоджень та їх усунення;
- застосування електрохімічного захисту сталевих трубопроводів;
- своєчасний ремонт, санація або заміна зношених, аварійних ділянок трубопроводів.

Велику роботу в цьому напрямку виконано в містах Києві та Харкові. Тут діють Автоматичні системи управління



технологічними процесами АСУ ТП "Водопровід", потужні диспетчерські та аварійно-відновлювальні служби.

У Києві на міській водопровідній мережі встановлено близько 250 датчиків тиску, які передають телеметричну інформацію на ПЕОМ, котра порівнює фактичний тиск води із завданим "коридором тиску" (верхньою та нижньою межею необхідного тиску води для нормального водопостачання будинків даного району) та подає сигнал диспетчеру для вжиття заходів щодо підвищення або зниження тиску води в зовнішній мережі району.

Це запобігає підвищенню тиску в години зменшеного водорозбору (наприклад, вночі) і сприяє значному скороченню пошкоджень трубопроводів. Різні підсистеми АСУ ТП сповіщають про виникнення аварій на водоводах і мережах, накопичують дані про пошкодження трубопроводів і арматури, виконані ремонтні роботи на мережі, визначають першочергові ділянки трубопроводів для проведення їх ремонту, санації або перекладення.

Для прискорення пошуку схованих витоків використовуються акустичні корелятори фірми "Метравіб" (Франція) типу DF-0,2 та вітчизняний прилад типу "Коршун", які дозволяють знаходити місце пошкодження трубопроводу з великою точністю ($\pm 0,5$ м).

Застосування засобів електрохімічного захисту сталевих трубопроводів подовжує термін їхньої безаварійної експлуатації у 2 – 3 рази. У ДКО "Київводоканал" експлуатується понад 200 катодних станцій, 20 електродренажів та 2600 магнієвих та алюмоцинко-кальцієвих протекторів марок ПМ-10 У та АЦК-М. Ці заходи значно скорочують швидкість електрохімічної корозії сталевих трубопроводів та зменшують кількість пошкоджень та аварій на водопровідній мережі міста.

У сучасній світовій практиці досить широко використовують *ремонт трубопроводів безтраншейними методами* (без розкопування трубопроводу). При цьому витрати на ремонт зменшуються у 6 – 8 разів, а термін ремонтних робіт – у десятки разів.

Найбільше поширення у світовій практиці мають такі методи безтраншейного ремонту трубопроводів :

- нашарування цементно-піщаного покриття на внутрішню поверхню трубопроводу;



- використання пневмопробійника для створення нового полімерного трубопроводу на місці старого;

- використання гнучкого рукава ("панчохи"), що дозволяє сформувати нову композитну трубу всередині старої;
- "довготрубний" метод – протягування гнучкої полімерної труби всередину старого трубопроводу;
- використання рулонної (обмотаної) труби (метод "Expanda-Pipe")
- створення нової полімерної труби всередині старої за допомогою обмотувальної машини і безперервної пластмасової профільної стрічки.

Фірми "Інсітуформ" (США), "Упонор" (Фінляндія), "Брошієр-Гулін" (Німеччина) вже багато років виконують ці роботи і накопичили досить великий досвід.

У м. Києві вже проведено санацію кількох кілометрів трубопроводів безтраншейними методами. В Москві щорічно санується 60...70 км мереж діаметрами 150...450 мм за допомогою пневмопробійника та пластмасового рукава.

Для діагностики стану старих трубопроводів та якості робіт з їх санації застосовують інспекційні телероботи, які на кольоровому моніторі дають чітке зображення внутрішньої поверхні трубопроводу та наявних дефектів.

Заходи щодо скорочення *недообліку лічильників абонентів* повинні передбачати:

- чітке виконання метрологічних перевірок конкретних засобів обліку у терміни, передбачені Державним реєстром приладів обліку води;
- щорічну перевірку відповідності калібру лічильників фактичному споживанню води (особливо на промислових підприємствах та у комерційних структурах, де підбір води може коливатись у значних межах). При значному спаді виробництва недооблік лічильника може перевищувати фактичне водоспоживання. У цих випадках Водоканал повинен вимагати негайної його заміни на лічильник меншого калібру.

Втрати оди з внутрішньо-будинкових систем водопостачання будуть найменшими за умови якісного та своєчасного виконання робіт з поточного ремонту внутрішньо-будинкових мереж і арматури, своєчасної підготовки систем до роботи в осінньо-зимовий період, наявності обліку води та контролю за роботою



слюсарів-сантехніків, їх матеріальної зацікавленості у скороченні втрат, відсутності значного понаднормативного тиску на вводах у квартири, обладнанні водорозбірної арматури водозберігаючими пристроями, відсутності скидів охолодженої води з систем централізованого гарячого водопостачання, а також за умови свідомого відношення населення до раціонального витрачання води.

Розглянемо докладніше головні напрями роботи по зменшенню втрат з внутрішньо-будинкових мереж водопостачання.

Якісне та своєчасне виконання робіт з поточного ремонту передбачає проведення щоквартального огляду та профілактичного обслуговування внутрішньо-будинкових систем. яке включає:

- усунення витоків з труб, їх з'єднань, а також через водорозбірну арматуру;
- заміну прокладок, притирання пробкових кранів змішувачів, набивання сальників, регулювання водорозбірної арматури;
- встановлення обмежувачів витрати води, прогонка водопровідних вентилів на вводах у квартири, усунення шуму в трубах і арматурі, закріплення трубопроводів, усунення витоків із зливних бачків та їх регулювання.

У зв'язку з тіш, що основним чинником втрат води у квартирах є негерметичність наповнювальних та зливних клапанів зливних бачків, рекомендується при проведенні ремонтів у першу чергу усувати ці несправності.

Найбільшу частку нераціонального водоспоживання складає скид охолодженої води з систем централізованого гарячого водопостачання (ЦГВ) через незадовільну циркуляцію води. У зв'язку з цим налагодження циркуляційних систем, ремонт засобів їх автоматизації та насосів є важливим завданням при ремонті систем ЦГВ.

У разі необхідності виконують також герметизацію і ремонт водопровідних вводів, заміну окремих ділянок трубопроводів, їх укріплення, заміну несправної арматури, фарбування труб і баків, заміну несправних контрольно-вимірювальних приладів тощо.

Наявність обліку води є однією з найбільш важливих умов економного витрачання води. Причому найбільший ефект дає встановлення квартирних водолічильників холодної та гарячої води, оскільки тут матеріальна зацікавленість споживача очевидна. Однак



через значні витрати на встановлення лічильників (300 грн. на одну квартиру) та все ще низькі тарифи на воду це питання вирішується дуже повільно. При побудинковому обліку холодної та гарячої води виникає групова відповідальність, яка слабо відчувається мешканцями. У цьому випадку слід використовувати побудинковий облік для контролю за витоками та оцінки роботи слюсаря-сантехніка.

Регулювання вільних напорів на водоводах у будинку (особливо в малоповерхові, розташовані серед висотної забудові) дає економію води на 8...10% при зниженні надлишкового напору на кожні 10 м вод.ст. Це означає, що двоповерхова школа або дитсадок, розташовані поруч з 9-ти поверховими будівлями, будуть споживати менше води при установці регулятора тиску на 25...30% без погіршення водокористування.

У квартирах, розташованих на нижніх поверхах висотних будівель, необхідно також встановлювати квартирні регулятори тиску або вентилі-обмежувачі витрат води, запропоновані ще у 1980 р. Застосування одного вентиля з шайбою-обмежувачем забезпечило у 9-ти та 16-ти поверхових будинках Русанівського ЖЕО економію води 30...79 м³/рік (десятикратна окупність за один рік експлуатації).

Обладнання водорозбірної арматури *водозберігаючими пристроями* може значно зменшити витрати води у квартирах. Так встановлення на змішувач в кухні аератора-розпилювача дозволяє зменшити витрату води на 10...15 %, а також зменшити розбризкування води при мийці посуду.

Обладнання ванн маловитратними душами може на 15...20 % зменшити витрату води на прийняття душу.

Встановлення зовнішньої санітарно-технічної арматури в офісах, місцях загального користування, лікувальних установах може в декілька разів зменшити витрати води у цих установах.

Встановлення мийок на два відділення на підприємствах громадського харчування суттєво зменшить витрати води на мийку посуду тощо.

Виховна робота серед населення з питань водоенергозбереження повинна вестись постійно та цілеспрямовано, починаючи з дитячих дошкільних установ. Повинні ширше використовуватись можливості радіо, телебачення, засобів масової

інформації. Помилуються ті, хто вважає, що цим не слід займатися. У той же час у Японії, США, Франції, Німеччині та інших економічно розвинутих країнах місцева влада постійно приділяє цьому питанню увагу та відповідні кошти. І це дає результати. Економне, хазяйське відношення до води повинно бути у людини доброю звичкою з раннього дитинства.

4.6. Короткий аналіз методів моделювання, розрахунків та проектування СПРВ

Моделювання окремих елементів СПРВ та режимів їх сумісної роботи є основою всіх розрахунків, як при проектуванні нових чи реконструкції діючих СПРВ, так і оцінці їх ефективності в процесі експлуатації. Основні питання моделювання і розрахунків СПРВ можна віднести до трьох груп [3]:

- водоспоживання і формування розбору води із водопровідних мереж (встановлення розрахункового навантаження на систему);
- гідравлічні розрахунки окремих елементів СПРВ і їх сумісної роботи (так звані «перевірочні» розрахунки);
- техніко-економічні розрахунки (встановлення схем СПРВ, діаметрів трубопроводів, розмірів споруд тощо).

Водопостачання як процес розбору води в СПРВ залежить від зовнішніх і внутрішніх факторів [3]. До зовнішніх відносяться спроби споживачів задовольнити потребу у воді через наявну у них водорозбірну арматуру. На це впливає: якісний кількісний склад споживачів, пора року, день тижня, час доби, культура водокористування тощо. Серед внутрішніх факторів: тип і технічний стан водорозбірних приладів, напір у системі водопостачання, режими подачі води (цілодобово чи по графіках), зовнішність трубопроводів. Тому при дослідженні водоспоживання його розглядають як імовірнісний процес. Таким способом визначають витрати води при розрахунках внутрішніх будинкових водопроводів за СНиП 2.04.01-85. У статистичних методах на основі натурних вимірів витрат води будується функція розподілу за весь період спостереження і проводиться їх оцінка. Серед переваг цих методів – можливість експериментально визначати параметри математичних моделей і найбільш достовірно оцінювати

розрахункові витрати при різних рівнях забезпеченості. Незважаючи на універсальність, основним недоліком таких методів є те, що їх застосовують лише для розгляду погодинних витрат і не використовують при проведенні оптимізаційних розрахунків СПРВ.

Діючі нормативи [3] рекомендують визначати розрахункові витрати (добові і погодинні) на основі спрощеного методу, за яким задаються середні за рік питомі є витрати води для різних категорій споживачів і величини коефіцієнтів добової та погодинної нерівномірності водоспоживання $K_{доб}$ і $K_{год}$. Такий підхід не дозволяє достовірно оцінити навантаження на систему різних рівнів забезпеченості, що важливо для системи в цілому взагалі не нормується. Усунення цих недоліків у нових методиках розрахунків СПРВ дозволить суттєво підвищити їх достовірність та ефективність проектних розробок.

Гідравлічні розрахунки СПРВ поділяють на два основних види [3]:

- ув'язка водопровідної мережі – «внутрішній» гідравлічний розрахунок;
- розрахунок сумісної роботи елементів СПРВ (мереж, водоводів, насосних станцій, резервуарів, башт тощо) – «внутрішня» і «зовнішня» ув'язка.

Розрахунки сумісної роботи елементів СПРВ ведуть з 60-х років минулого століття. Професор В.Г.Ільїн [3] вперше запропонував використовувати для цього умовні опори водопровідних мереж. Він отримав аналітичні залежності відносних втрат напору в мереж від співвідношення витрат води, що розбирається із мережі до поданих насосною станцією. Залежності справедливі для простих мереж із контррезервуарами.

Сучасна комп'ютерна техніка дозволяє проводити високопродуктивні гідравлічні розрахунки системи подачі й розподілу води з максимальним врахуванням їх особливостей і сервісу для користувачів. Програмні продукти для ЕОМ орієнтовані на ПС-технології, що створює умови для якісного і швидкого формування вихідних даних шляхом імпортування файлів з інших ПС-моделей. Так, на основі існуючих планів населених пунктів простими маніпуляціями і перетвореннями складають топологічну схему мережі, створюють масиви параметрів ділянок, вузлів тощо. Ці програми моделюють всі елементи, що входять до складу СПРВ



(ділянки, вузли, насосні станції, напірно-регулювальні споруди, дроселі, регулятори тиску тощо). Передбачена можливість корегування змін шорсткості водопровідних труб у процесі експлуатації, відключення ділянок на випадок аварій, моделювання аварійних витоків у системі. В окремих із них існує можливість аналізу змін якості води при її транспортуванні по трубах.

Програма WaterCADr 6.0, розроблена компанією Haestad Methods – визнаним світовим лідером з комп'ютерного розв'язання проблем, пов'язаних із водними ресурсами, – дозволяє ефективно проводити інженерні розрахунки з техніко-економічним аналізом. Крім традиційних гідравлічних розрахунків, програма дає можливість автоматично і точно визначати достатність системи на транспортування води при пожежогаєнні, легко керувати комплексним контролем тиску та швидкістю руху води при зміні стану засувок чи інших дросельних пристроїв. Для моделювання і підбору насосного обладнання програма оснащена значним реєстром сучасних насосів, зокрема, з регуляторами частоти обертів. За допомогою запатентованої компанією Haestad Methods технології «Magic» проводиться автоматичний добір шорсткості труб, місць з'єднань труб та положення засувок. Швидке корегування їх величин дозволяє досягти найкращої кореляції між дослідними даними й потрібними умовами експлуатації. Для аналізу результатів гідравлічних розрахунків програмою передбачене визначення окремих техніко-економічних показників: витрати на проведення окремих ремонтних робіт, витрати електроенергії на подачу води, співвідношення між ціною насосів і вартістю витраченої ними електроенергії, кошторис мережі тощо. Програма має сучасний дизайн і може працювати в середині інших програм, зокрема, AutoCAD і з його сателітними додатками.

Комп'ютерна програма EPANET розроблена Льюїсом А. Росманом (Відділ водопостачання та водних ресурсів Технічної лабораторії розробки методів зменшення загрози довкіллю Агентства США з охорони довкілля). Вона проводить моделювання ділянок, насосів, обладнання на мережах (засувки, зворотні клапани, регулятори тиску і витрат, резервуари), гідравлічний розрахунок (ітераційний процес розв'язання нелінійних рівнянь, відомий як «градієнтний алгоритм»), з визначенням втрат напору на основі формул Хазена-Вільямса, Дарсі-Вейсбаха або Шезі-Манінга)



та аналізу зміни якості води при транспортуванні по трубах (переміщення й стан реактивних і неактивних речовин у воді, реакції, що відбуваються в основному потоці, зі стінками труб тощо). Програма працює з власними редакторами, має семантичну бібліотеку і може використовувати растрову підоснову для складання топографічної схеми водопровідної мережі. Додатковими функціями EPANET (версія 2.0) є можливість задавати зміну режимів водоспоживання в часі, визначати енергетичні показники насосного обладнання, яке працює в системі, та форму звіту.

Програмно-розрахунковий комплекс (ПРК) «ZuluHydro» (ТзОВ «Політерм», Санкт-Петербург, Росія) виконує гідравлічні інженерні розрахунки при проектуванні СПРВ. Вони включають: перевірочні розрахунки (ув'язку), конструкторські розрахунки (визначення діаметрів труб на пропуск розрахункових витрат води при заданому напорі), аналіз змін тиску при гідравлічному ударі, побудову п'єзометричних графіків вздовж заданого напрямку, комутаційні задачі (аналіз відключень переключень, пошук найближчої запірної арматури і ряд інших топологічних задач). Передбачене проведення розрахунків мережі з врахуванням добової нерівномірності водоспоживання, прогноз рівнів води в резервуарах та оптимізація роботи насосних станцій (визначення кількості робочих насосів, підбір частоти їх обертів з регульованими приводами тощо). ПРК «ZuluHydro» створений на базі геоінформаційної системи «Zulu» і використовує всі потужні можливості ГІС-технологій.

Окрім вагомих позитивних сторін, розглянуті комп'ютерні програми мають такі основні недоліки: не враховують зміни величин відборів води від напорів у вузлах, труднощі визначення змін гідравлічних опорів у часі, проблеми з точністю оптимізаційних розрахунків без належного математичного апарату і моделювання змін впливових параметрів у процесі експлуатації. Крім того, проведені гідравлічні розрахунки зазвичай використовують ті формули і параметри для них, що відповідають нормативній базі країни, де розроблена програма. Вирішення вказаних задач потребує серйозного аналізу існуючих методів моделювання СПРВ і розробки нових теоретичних підходів.

Ці та інші методи здебільшого орієнтовані на оптимізацію параметрів СПРВ з врахуванням їх особливостей для кожного об'єкта водопостачання і характеристик діючих споруд та



комунацій, які встановлюються за результатами обстежень і натуральних досліджень. При цьому точність оптимізаційних розрахунків, як правило, значно перевищує точність отриманих вихідних даних, що не тільки знижує їх ефективність, але й призводить до негативних результатів. Крім того, існуючі методи розрахунків СПРВ не враховують зміни впливових параметрів у процесі експлуатації, залежність відборів води від напорів; відсутні методики визначення розрахункових витрат води залежно від заданих рівнів забезпеченості й категорій СПРВ; розрахунки економічно вигідних діаметрів трубопроводів і визначення конструктивних схем СПРВ проводять без врахування їх показників надійності та стохастичних змін у режимах їх роботи.

4.6.1. Математичне моделювання СПРВ

Аналіз робочих параметрів діючих СПРВ показує, що вільні напори у водопровідних мережах H_a залежить від гідравлічних опорів труб S , режимів водоспоживання Q_m і подачі води насосними станціями Q_n . Для безбаштових СПРВ, які влаштовані в більшості населених пунктів України і де основною категорією водо споживачів є комунальний сектор, мають місце явні кореляційні залежності $H_a = f(Q_n)$, а $Q_n = Q_m$. Це дозволяє отримати їх прості аналітичні вирази, придатні для оптимізаційних розрахунків СПРВ.

Такі аналітичні залежності можна розглядати як узагальнені характеристики водопровідних мереж. Їх параметри визначають на основі результатів натурних досліджень (манометричні зйомки) або розрахунків сумісної роботи споруд СПРВ. Порівняльний аналіз режимів роботи безбаштових СПРВ з прохідними баштами та контр резервуарами показує, що умови подачі та розбору води із водопровідних мереж у перших двох типах СПРВ однакові (постійне одностороннє живлення, наявність практично незмінних диктуючих (контрольних) точок) і суттєво відмінні для третього (одностороннє живлення при транзиті води в контр резервуар і двостороннє при максимальному водорозборі). Тому аналітичні характеристики водопровідних мереж різних типів СПРВ будуть відрізнятися, а визначення числових значень їх параметрів

будуватиметься на різних методичних засадах (далі для мережі *туну I* і *туну II*) [3].

У результаті проведеного аналізу числових методів гідравлічних розрахунків [3] СПРВ отримано, що п'єзометрична позначка на виході із насосної станції може визначатись за формулою

$$P_n = Z_{PЧВ} + H_n = Z_{PЧВ} + H_0 + S_1 \cdot Q_n - S_2 \cdot Q_n^2, \quad (4.16)$$

де $Z_{PЧВ}$ – позначка рівня води в РЧВ, з якого забирають воду насоси, м;

H_n і Q_n – напір, м, і витрата води в л/с, насосною станцією;

H_0, S_1 і S_2 – параметри Q - H – характеристики насосів;

З іншої сторони, для мережі *туну I* значення P_n буде становити

$$P_n = Z_m + H_b + h_m, \quad (4.17)$$

де Z_m – геодезична позначка поверхні землі в контрольній (диктуючій) точці мережі, м;

H_b – вільний напір в контрольній точці мережі, м;

h_m – втрати напорів у водопровідній мережі (від насосної станції до контрольної точки), м.

Величина h_m є сумою втрат напорів на ділянках мережі за одним із напрямів руху води від насосної станції до контрольної точки і може визначатись за формулою

$$h_i = \sum_3 h_3 = \sum_3 S_3 \cdot Q_3^{\beta_3} = S_i \cdot Q_i^{\beta_i}, \quad (4.18)$$

де h_i, S_i, Q_i, β_i – втрати напору, гідравлічний опір, витрата води і показник степені в формулі визначення втрат напору для i -ї ділянки мережі;

S_m і β_m – гідравлічний опір мережі і показник степеня, які залежать від значень S_i і β_i окремих ділянок та величини відборів води в різних вузлах мережі;

Q_n – подача води насосною станцією.

Витоки води $Q_{виз}$ залежать від технічного стану водопровідних мереж, їх довжини та надлишкових напорів. На основі досліджень зміни витрат води від основних впливових факторів [3] отримано, що фактичні вузлові відбори води у водопровідній мережі визначаються за формулою

$$Q_{виз} = Q_0 \cdot (1 + b_e \cdot (H - H_n)), \quad (4.19)$$



де Q_0 – корисний водовідбір у вузлі;

b_e – вузловий опір, або коефіцієнт, що враховує технічний стан водопровідних мереж і становить $b_e = 0,005 \dots 0,05 \text{ м}^{-1}$;

H і H_n – фактичний вільний і потрібний напори у вузлі, м.

При $H = H_n$ фактичний вузловий відбір буде рівним корисному Q_0 , а збільшення вільного напору H призведе до зростання вузлової витрати за рахунок витоків. Очевидно, що витoki води у вузлі становитимуть

$$Q_{e.sum} = Q_0 \cdot b_e \cdot (H - H_n), \quad (4.20)$$

4.7. Зонування та районування СПРВ

Зоновані водопроводи — це такі системи, в яких єдина централізована система водопостачання поділяється на кілька висотних зон, тобто на автономні системи.

Зонування водопроводів, виконують для того, щоб зменшити тиск у трубах водопровідної мережі і підвищити економічність експлуатації водопроводу.

Максимальний напір у водопровідній мережі визначається за формулою

$$H_{max} = Z_{max} - Z_{min} + H_u + \sum h_{max}, \quad (4.21)$$

де $Z_{max} - Z_{min}$ – найбільша різниця в геодезичних відмітках рівня землі в межах території, що постачається водою, м; H_u – необхідний для водокористування вільний напір, м; $\sum h_{max}$ – сума найбільших втрат напору в мережі між точками з відмітками $Z_{max} - Z_{min}$.

Як бачимо, величина H_{max} залежить від таких основних факторів:

- рельєфу місцевості, тобто найбільшої різниці геодезичних відміток рівня землі в межах території об'єкта водопостачання;
- необхідного вільного напору в різних ділянках водопровідної мережі;
- довжини водопровідної мережі і величини витрат води, яка по ній подається, тобто суми втрат напору в межах мережі.



Якщо H_{\max} обчислений за формулою (4.21), буде перевищувати припустиме значення $H_{\text{прим}}$, тоді за технічними вимогами необхідно робити зонування водопроводу. Згідно [1] беруть $H_{\text{прим}} = 60$ м, виходячи з умов збереження міцності труб і їх з'єднань (зменшення кількості аварій), зменшення витікання води з мережі, а також забезпечення нормальної експлуатації водопроводу (зменшення швидкості руху води у внутрішніх водопровідних системах будинків, а отже, і шумів у трубах і кранах).

Якщо при порівняно невеликій сумі втрат напору в трубах $\sum h_{\max}$ необхідність зонування зумовлена значною різницею геодезичних відміток рівня землі в межах території об'єкта водопостачання $\Delta Z = Z_{\max} - Z_{\min}$ тобто викликана пересіченим рельєфом місцевості, то таке зонування називають *вертикальним*. Навпаки, якщо при порівняно невеликій величині ΔZ зонування зумовлене значними втратами напору в трубах $\sum h_{\max}$ то його називають *горизонтальним*.

У зонованому водопроводі кожна зона має свою самостійну мережу і окремі джерела живлення. При цьому подача води в зони може здійснюватися послідовно (рис. 4.7а) або паралельно (рис. 4.7б).

Кожна група насосів живить тільки свою зону самостійними водоводами. При такому зонуванні кожна зона працює відокремлено від інших і не має транзитних витрат води для інших зон. Система паралельного зонування також дає можливість знизити тиск у межах мережі кожної зони до допустимих напорів. Великий тиск буде лише у водоводах верхньої зони.

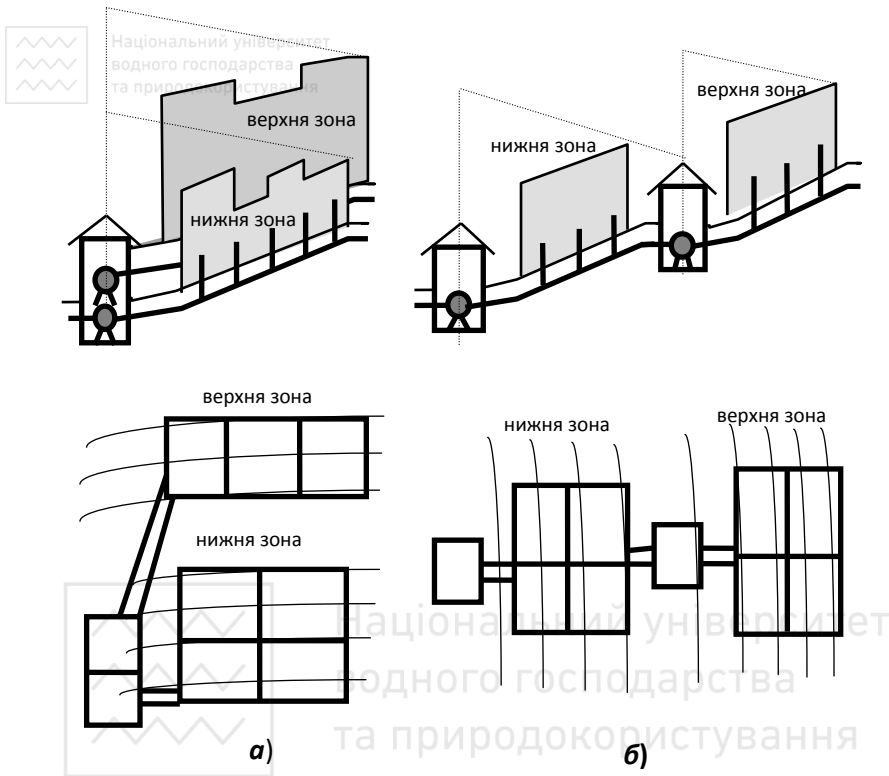


Рис. 4.7. Зонування СПРВ: а) з паралельним зонуванням; б) з послідовним зонуванням

Паралельне подавання води в зони застосовують для об'єктів водопостачання з територією, витягнутою вздовж горизонталей; при великих уклонах місцевості; якщо підвищена частина місцевості розташована недалеко від насосної станції.

Зонування водопроводів може виконуватись не тільки за технічними вимогами для зниження тиску в мережі до допустимого значення, але й з економічних міркувань, тобто воно може бути економічно вигіднішим за єдину централізовану систему водопостачання. Це пояснюється тим, що зоновані водопроводи потребують меншої витрати електроенергії на підняття води внаслідок наближення напору насосів до необхідного вільного в мережі.



При збільшенні числа зон зменшуватиметься загальна вартість енергії, яка витрачається на подавання води, а отже, знизуватимуться експлуатаційні витрати. Так при послідовному подаванні води в зони збільшується кількість насосних станцій, а отже, підвищується вартість їх будівництва і обслуговування. При паралельному подаванні води збільшується вартість водоводів і насосної станції. *Проте із збільшенням кількості зон буде збільшуватись будівельна вартість водопровідних споруд.*

У традиційних схемах СПРВ водопровідні мережі влаштовують моноструктивними або зонуваними. Впровадження зонування тільки частково вирішує існуючі проблеми. Дослідження показують, що навіть для невеликих СПРВ у вузлах на початку мережі вільні напори значно перевищують необхідні, що призводить до зростання втрат води та аварійності мережі.

Крім того, при традиційному трасуванні, мережі (рис. 4.8) виникає проблема із виділенням ремонтних ділянок, влаштуванням пожежних гідрантів та іншого обладнання трубах діаметром більше 300 мм. На практиці це потребує заглиблення трубопроводів нижче розрахункових глибин або влаштування насипів над колодязями для встановлення засувок великих діаметрів, прокладання дублюючих розподільчих ліній тощо. Це призводить до подорожання мережі. Визначення економічно вигідних діаметрів труб для багатокільцевих мереж нівелюється вимогами надійності. Перевірочні розрахунки СПРВ на аварійні режими (відключення окремих ділянок) вказують на необхідність збільшення діаметрів труб.

В практиці влаштування сучасних схем для різних районів населених пунктів влаштовують районування СПРВ. Воно вимагає як влаштування окремих зон так і виділення районів мережі, в яких штучно підтримують фактичні напори на рівні необхідних. В районних СПРВ в окремі зони мережі вода подається через вузли регулювання. В них можуть бути встановлені або дроселі, або насосні станції підкачки. Усунення цих недоліків досягається при забезпеченні принципу максимального наближення вільних напорів в усіх вузлах мережі до необхідних при різних режимах подачі і розбору води. Для цього поряд із традиційним зонуванням пропонується проводити районування СПРВ (рис.4.8, 4.9). Крім



того, такий підхід спрощує розрахунки, які передбачають визначення:

- економічно вигідних діаметрів труб магістральних ліній районів;
- економічно доцільних напорів головних насосних станцій і підбір марок їх насосів;
- п'єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах магістральної мережі для розрахункових режимів водорозбору;
- діаметрів труб розподільчих ліній районів;
- параметрів вузлів регулювання і підбір обладнання для них;
- перевірочні розрахунки сумісної роботи споруд СПРВ для найбільш характерних режимів подачі і розбору води.
- економічно вигідних діаметрів труб магістральних ліній районів;
- економічно доцільних напорів головних насосних станцій і підбір марок їх насосів;
- п'єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах магістральної мережі для розрахункових режимів водорозбору;
- діаметрів труб розподільчих ліній районів;
- параметрів вузлів регулювання і підбір обладнання для них;
- перевірочні розрахунки сумісної роботи споруд СПРВ для найбільш характерних режимів подачі і розбору води.

Із врахуванням отриманих на основі теоретичних досліджень результатів, такий підхід щодо конструювання СПРВ передбачає (рис. 4.10) дотримання таких вимог:

1. Головні магістральні лінії водопровідної мережі доцільно прокладати мінімальної довжини, віднісши їх до першого класу за ступенем відповідальності. Фактично вони є продовженням водоводів і повинні мати мінімальну кількість підключень (тільки до зон, районів і великих споживачів). До них недоцільно під'єднувати розподільчі лінії і встановлювати пожежні гідранти. З врахуванням взаємозаміни в межах одного кільця вони повинні мати практично однаковий діаметр.

2. Водопровідні мережі районів відносять до другого класу за ступенем відповідальності. Вони можуть включати замкнені магістральні лінії невеликої довжини, влаштованих із труб



однакових діаметрів, що отримують на основі техніко-економічних розрахунків. Або бути знеособленими (магістральні лінії не виділяються), коли практично всі розподільчі лінії мають однакові діаметри, які в межах одного району визначають за умови пропуску пожежних витрат води ($d < 300$ мм). Районні мережі підключають до магістральних ліній не менше ніж у двох точках через вузли регулювання (регульовані засувки з гідро-чи електроприводом, або через насоси підкачки).

3. Робота головних насосних станцій передбачає створення напорів, достатніх для забезпечення водою споживачів в одній (розрахунковій) районній мережі, а в інших, залежно від режимів водорозбору, можуть використовуватись насоси підкачки або дроселі для зниження надлишкових напорів до рівня необхідних.

Це дозволяє підтримувати вільні напори на рівні необхідних протягом всієї доби, створює сприятливі умови для гнучкого управління роботою в надзвичайних ситуаціях (при обмеженій продуктивності водозаборів, у випадку аварій, пожеж тощо). Важливим етапом при формуванні конструктивної схеми СПРВ є визначення районів водопровідної мережі.

Згідно з отриманими результатами, їх основні показники повинні відповідати таким вимогам:

- схема водопровідної мережі району - моноструктурна;
- мінімальні перепади висот в межах одного району;
- по можливості однотипна забудова житлових кварталів;
- сумарна довжина водопровідних ліній не повинна перевищувати її оптимальної величини ($L_{opt} = 50... 150$ км);
- розрахункове водоспоживання району також не повинно перевищувати середньої продуктивності ($Q_{opt} = 470... 1170$ м³/год).

Зазвичай головну насосну станцію, водоводи і прирівняні до них основні магістральні лінії відносять до першої категорії за ступенем забезпеченості подачі води, а зонні насосні станції, мережі районів і вузли регулювання - до другої або третьої дозволяє спростити схеми районних мереж, знизити їх вартість та експлуатаційні витрати. Такі схеми є моноструктурними – проста мережа невеликої довжини з одною або двома точками живлення (зонна насосна станція або вузол регулювання, який може включати водонапірну башту, станцію підкачки чи дроселювання).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

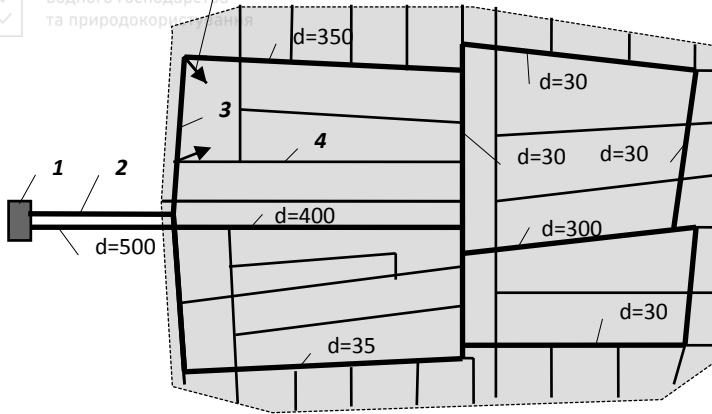


Рис. 4.8. Приклад схеми СПРВ із традиційним трасуванням:
1 – насосна станція; 2 – водоводи; 3 – магістральні лінії; 4 – розподільчі лінії; 5 – підключення підприємств

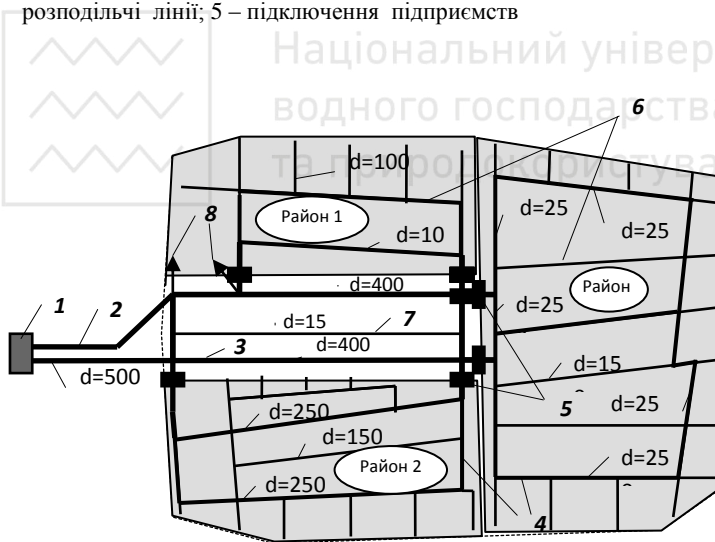


Рис. 4.9. Приклад схеми районованої СПРВ міста:
1 – насосна станція; 2 – водоводи; 3 – головні магістральні лінії; 4 – магістральні лінії районів; 5 – вузли регулювання; 6 – райони мережі; 7 – розподільчі лінії; 8 – підключення підприємств

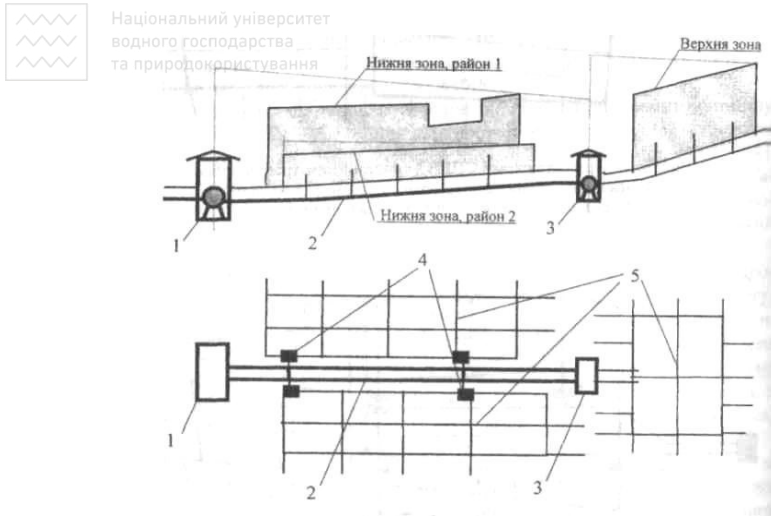


Рис. 4.10. Забезпечення напорів у районуваній СПРВ:

1 – головна насосна станція; 2 – основні магістральні лінії; 3 – зонна насосна станція; 4 – вузли регулювання; 5 – зони і райони водопровідної мережі

За рахунок простих схем у районах мережі досягається гнучкість управління роботою СПРВ при перемінних режимах водоспоживання та при подачі води за графіком, що часто має місце на практиці. Як наслідок, покращується водозабезпечення споживачів і знижуються втрати води.

Економічна доцільність зонування і оптимальна кількість зон можуть бути визначені на основі техніко-економічних розрахунків, які показали, що для малих об'єктів водопостачання зонування може бути необхідним за технічними вимогами, а для великих, крім того, може бути ще й економічно вигідним.

В практиці влаштування сучасних схем для різних районів населених пунктів влаштовують районування СПРВ. Воно вимагає як влаштування окремих зон так і виділення районів мережі, в яких штучно підтримують фактичні напори на рівні необхідних. В районних СПРВ в окремі зони мережі вода подається через вузли регулювання. В них можуть бути встановлені або дроселі, або насосні станції підкачки. Основна задача таких схем підтримувати необхідні напори при будь-яких режимах роботи СПРВ.



4.8. Інтенсифікація та реконструкція роботи водопровідних насосних станцій

4.8.1. Причини перевитрат та резерви економії електроенергії на насосних станціях

Фактичні напірні та енергетичні характеристики насосних агрегатів змінюються в процесі експлуатації і можуть значно відрізнятись від паспортних. Це в першу чергу призводить до збільшення витрат на електроенергію та експлуатаційних затрат, збільшення тарифів на воду. Серед основних причин погіршення робочих характеристик насосів – корозія, кавітація, забруднення.

Багаторічні дослідження діючих водопровідних насосних станцій показують, що зміни характеристик насосних агрегатів можна віднести до трьох основних типів:

1. Відносна стабільність напірної і гідравлічної характеристики $Q-H$ та погіршення енергетичних характеристик $Q-N$ і $Q-\eta$ та дефекти у підшипниках, сальниках, електродвигунах;
2. Погіршення як напірної $Q-H$ так і енергетичних характеристик $Q-N$ і $Q-\eta$ обумовлена як змінами в механічній так і в гідравлічній характеристиці насосів;
3. Відносна стабільність $Q-N$ характеристики і погіршення напірної $Q-H$ характеристики, яка викликана змінами у гідравлічній частині насосів через корозію внутрішньої частини насосів, кавітацію робочих коліс.

У кожному із розглянутих випадків відбувається зниження коефіцієнта корисної дії насосів. Вони найповніше характеризують зміну енергетичних параметрів насосних агрегатів, тому що залежать від фактичної подачі, напору і затраченої потужності.

4.8.2. Визначення робочих характеристик насосних агрегатів

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



вивчення фактичного стану і режимів роботи насосних станцій дослідження проводять у такому порядку:

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

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

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

У процесі випробувань визначають:

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

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



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

Напір насоса визначають за формулою

$$H_1 = 0,102 \cdot \frac{P_{i2} - P_{i1}}{\rho} + 0,0827 \cdot Q_1^2 \cdot \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \Delta Z_i, \quad (4.22)$$

де Q_n – подача насоса, м³/с;

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

ρ – питома маса води (приймалась рівною 999,7...999,0 кг/м³) при температурі води $t^\circ = 10...15^\circ\text{C}$;

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

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

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

$$N_{\text{дв}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (4.23)$$

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

Потужність, кВт, на валу насоса приймають рівною

$$N_n = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{дв}}, \quad (4.24)$$

а ККД, %, насоса розраховують за формулою

$$\eta_n = 0,981 \cdot \frac{\rho \cdot Q_n \cdot H_n}{N_n}. \quad (4.25)$$

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

- подача
$$Q = Q_n \cdot \frac{n_n}{n_{\text{ном}}}, \quad (4.26)$$



- напір

$$H = H_n \cdot \left(\frac{n_n}{n_{ном}} \right)^2, \quad (4.27)$$

- потужність

$$N = N_n \cdot \left(\frac{n_n}{n_{ном}} \right)^3, \quad (4.28)$$

- ККД насоса

$$\eta = \eta_n. \quad (4.29)$$

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

Приклад. Визначити необхідну частоту обертання робочого колеса регульованого насоса, якщо відомо що $H_o = 75$ м, $H_\phi = 45$ м, $n_o = 1450$ об/хв

Частота регульованого насоса визначається за формулою

$$n = \sqrt{H \cdot n_o^2 / H_o} = \sqrt{45 \cdot 1450^2 / 75} = 1123 \text{ об/хв.}$$

4.8.3. Способи скорочення витрат електроенергії на насосних станціях

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

Основні шляхи скорочення втрат енергії в насосних станціях наступні:

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



5. Рациональне управління роботою насосів.

Обрізка робочого колеса насоса доцільна в тих випадках, коли більшу частину часу насос створює надлишковий напір. Необхідний діаметр колеса розраховують за формулою

$$D_1 = D_{ном} \sqrt{\frac{H_1}{H_{ном}}}, \tag{4.30}$$

де D_1 і $D_{ном}$ – необхідний й паспортний (номінальний) діаметри робочого колеса;

H_1 і $H_{ном}$ – відповідні напори насосів.

Допустима обрізка коліс (див. табл. 4.2) обмежується залежно від коефіцієнта швидкості насосу

$$n_s = 3.65 \frac{n\sqrt{q}}{H^{0.75}}, \tag{4.31}$$

де n – число обертів, об/хв;

q – подача, м³/с;

H – напір, м.

Коефіцієнт корисної дії насосу при обрізці колеса зменшується відповідно до формули Муди

$$\eta_{сер} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{сер}} \right)^{0.25}, \tag{4.32}$$

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

Таблиця 4.2

Допустимий ступінь обрізки робочих коліс

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

Якщо на насосній станції встановлено кілька однотипних насосів, то обрізку варто проводити не на всіх насосах, а на 1 – 2 .



Це дозволяє регулювати напір насосів, варіюючи склад працюючих насосів.

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

Приклад. Визначити діаметр обточеного колеса для зменшення перевитрат електроенергії, якщо відомо, що $H_{\phi} = 140,2$ м, – параметр аналітичної характеристики насоса, $\Delta H = 26$ м надлишковий напір, $D = 625$ мм – фактичний діаметр колеса насоса. Діаметр обточеного колеса насоса визначається за формулою

$$D_{об} = D\sqrt{(D_n - \Delta H)/D_n} = 625 \sqrt{(140,2 - 26)/140,2} = 564 \text{ мм}$$

4.8.4. Оперативне регулювання режимами насосних станцій

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

Одним зі способів зниження енерговитрат є регулювання роботи насосів. Необхідність регулювання виникає в тих випадках, коли напір, створюваний насосом, більше напору, потрібного споживачеві. Розглянемо роботу насосу на водопровідну мережу (рис. 6.1).

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

Розглянемо роботу системи «насос - мережа» при витраті $q_1 < q_{max}$. Зниження подачі відбудеться за рахунок збільшення опору мережі (споживач прикриє частину кранів), характеристика мережі стане більш крутою (пунктир на рис. 4.11). Напір насоса при цьому стане рівним H_1 . Однак, як видно з рисунка 4.11, мережа може пропустити потрібну витрату при напорі H_{11} .

Таким чином, насос буде створювати надлишковий напір

$$\Delta H = H_1 - H_{11}, \quad (4.33)$$

а надлишкова споживана потужність



$$\Delta N = q_1 \Delta H / 102 \eta_a \quad (4.34)$$

де η_a – коефіцієнт корисної дії агрегату (насос і електродвигун),
рівний добутку ККД насоса й двигуна $\eta_a = \eta_n \eta_d$

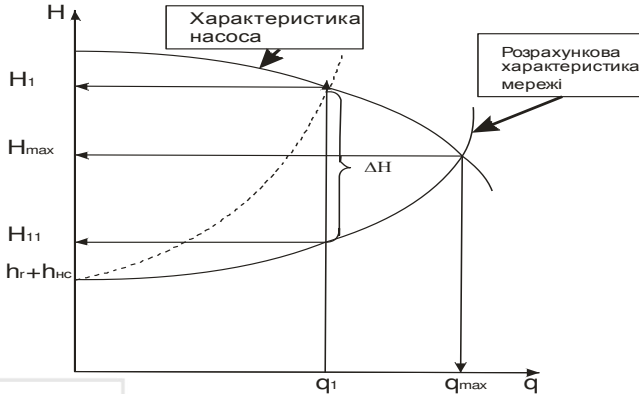


Рис. 4.11. Сумісна характеристика насосів і мережі

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

Нижче розглянуті деякі способи регулювання роботи насосів.

4.8.5. Дроселювання напірною засувкою

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

Характеристика системи «насос + засувка» побудована шляхом віднімання втрат напору в засувці від характеристики насоса.

Невелике зниження втрат енергії буде за рахунок зменшення надлишкових напорів у мережі й пов'язаним з ними зниженням втрат води. Разом з тим, якщо дроселювання засувкою технічно



припустимо, а інших способів регулювання насосів немає, то таке регулювання вважається доцільним.

До переваг цього методу варто віднести:

1. Простота реалізації.
2. Не потрібні додаткові капіталовкладення.
3. Скорочення напорів у мережі.
4. Зменшення числа аварій на мережі через зменшення тиску.
5. Зниження втрат води.

Недоліки методу:

1. Перевитрата енергії.
2. Сильне прикриття може привести до виходу засувок з ладу.

4.8.6. Регулювання зміною частоти обертання насоса

При зміні частоти обертання насоса характеристика насоса переміщується як би паралельно собі (рис. 4.12). Цей спосіб регулювання є найбільш економічним і останнім часом усе ширше впроваджується в практику.

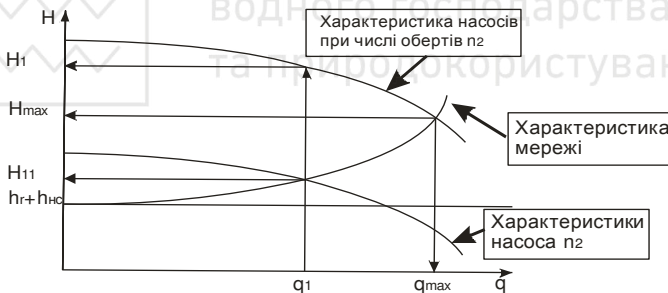


Рис. 4.12. Регулювання насоса зміною числа обертів

Зміна частоти обертання насоса може бути реалізована такими способами:

1. Використанням двигунів зі змінною частотою обертання -
 - * електродвигуни постійного струму,
 - * електродвигуни змінного струму з перемиканням обмотки на різне число пар полюсів,
 - * колекторні електродвигуни,
 - * парові й газові турбіни,
 - * двигуни внутрішнього згорання.



2. Застосуванням гідромуфти або електромагнітної муфти ковзання.

3. Зміною частоти струму.

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

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

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

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

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

Серйозним недоліком систем частотного регулювання є їх порівняно висока вартість. Орієнтовна ціна перетворювачів потужністю від 160 до 450 кВт - 84 - 95 доларів США за 1 кВт потужності. Можливе використання одного перетворювача частоти для декількох насосів. У цьому випадку потрібна додаткова станція групового управління вартістю від 400 до 900 доларів США. Відносно високі витрати на придбання насосів з електронним управлінням, як стверджують фірми виробники, окупаються, як правило, дуже швидко.



4.8.7. Методи управління насосною станцією

Під раціональним управлінням насосною станцією розуміються такі режими її роботи, при яких забезпечується необхідна подача води споживачам при мінімальних надлишкових напорах і мінімальних витратах енергії.

Складність рішення завдання вибору таких режимів обумовлена дуже широкими діапазонами коливань необхідних витрат і напорів, що відбуваються протягом доби, по днях тижня та по сезонах року. Так, для міста із чисельністю населення 100 тис. чоловік коливання добових витрат становлять $\pm 30\%$. Ще більші коливання годинних витрат (протягом доби): від 54% до 72% .

Одним з найбільш простих способів управління насосною станцією є автоматизація роботи насосів шляхом підтримки заданого тиску на виході з насосної станції. Цей спосіб часто використовують для порівняно невеликих підкачуючих насосних станцій з використанням імпортного обладнання (наприклад, фірм Wilo або Grunfos). Для управління багатонасосними установками фірма Wilo використовує наступну технологію .

Контроль і управління роботою установки здійснюється за допомогою датчиків тиску на виході з насосної станції: залежно від цього тиску в межах заданого діапазону включаються або вимикаються один за іншим насоси установки (рис. 4.13).

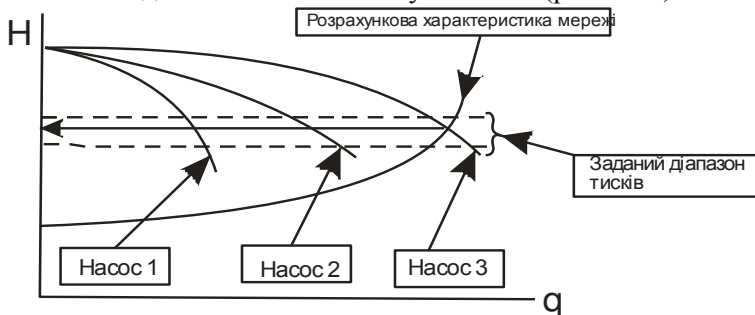


Рис. 4.13. Робота насосної установки з управлінням по заданому тиску з частотним перетворювачем

При використанні частотного перетворювача додатково здійснюється зміна числа обертів основного насоса, що дозволяє знизити діапазон тисків, у межах якого працюють насоси.



Така схема управління, безумовно, набагато ефективніша, ніж регулювання дроселюванням - тут значно можуть бути знижені й надлишкові напори насосів і тиску в мережі. Однак і в цій схемі буде перевитрата енергії. Діапазон напорів, підтримуваних на виході з НС, вище, ніж потрібні тиски, обумовлені характеристикою мережі (ця характеристика проходить нижче, ніж смуга заданих тисків – див. рис. 4.13).

Найкращі результати з погляду енергозбереження дає управління по тисках у контрольних точках мережі. Капітальні витрати тут трохи збільшуються за рахунок витрат на установку датчиків тиску на мережі та передачу сигналів від датчиків у пункт управління.

При розміщенні датчиків варто мати на увазі, що положення диктуючої точки на мережі може змінитися при зміні подачі (рис.4.14). Тому обмежитись однією контрольною точкою не завжди вдається. Крім того, при достатньому числі точок контролю тиску в мережі диспетчер має можливість оперативно встановлювати передбачувані місця аварій.

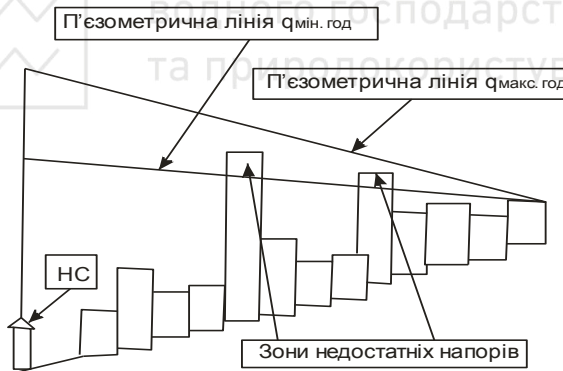


Рис. 4.14. Зміна положення диктуючи точок в мережі при зміні водоспоживання

При наявності даних про тиски в контрольних точках мережі раціональне управління роботою насосних станцій зводиться до вирішення завдання про те, які насоси повинні бути включені, з якими параметрами вони повинні працювати (прикриття засувки, частотне регулювання й т.п.). Це завдання спрощується при наявності математичної моделі системи СПРВ, що дає зв'язок



напорів на виході з насосної станції з тиском у контрольних точках в залежності від подачі насосної станції.

Такі залежності одержують шляхом статистичної обробки даних про вільні напори в контрольних точках (H_K), напорах на виході з насосних станцій (H_n) і подачі насосної станції (Q_n). Цей вид обробки називають «пасивним» експериментом. Значно більшу інформацію одержують за допомогою «активного» експерименту, при якому напори й подачу НС змінюють у значно більших межах. Експерименти, проведені в Москві, Санкт-Петербурзі, Зеленограді й інших містах, показали, що математичні моделі роботи СПРВ можуть бути описані залежностями виду

$$H_n = H_K + a + Q_n, \quad (4.35)$$

де a і b – емпіричні коефіцієнти, що змінюються залежно від періоду водоспоживання (наприклад, вони різні для максимальної, середньої й мінімальної витрат).

При наявності таких моделей можна розробити типові графіки роботи насосів. Складання таких графіків є непростим завданням через можливу багатоваріантність його рішення, необхідності обліку індивідуальних особливостей насосів (навіть якщо вони однієї марки). Варто також враховувати необхідність рівномірного завантаження агрегатів, щоб уникнути передчасного їх зношування. Графіки роботи насосів повинні періодично переглядатися, оскільки змінюється характеристика системи, що обслуговується, і, крім того, змінюються характеристики насосів. Однак значно кращі результати будуть отримані при наявності автоматизованої системи управління роботою СПРВ.

4.9. Створення електронного кадастру та паспортизація систем водопостачання на ПЕОМ

Системи життєзабезпечення сучасних міст включають сотні кілометрів водопровідних, каналізаційних, газових, теплових та електричних мереж. Належне оперативне управління їх роботою можливе тільки на основі новітніх комп'ютерних технологій управління міським господарством. В останні роки актуальність проблеми зростає у зв'язку із постійними змінами конструктивних схем та параметрів інженерних мереж через їх інтенсивне старіння та зношення.



Сучасні комп'ютерні технології управління міським господарством

базуються на основі таких потужних геоінформаційних систем як MapInfo, Caddy+, Zulu, ІнГео, CityCom та інших [3]. Вони об'єднують традиційні операції роботи з базами даних, такими як запит і статистичний аналіз, і забезпечують можливість їх використання в широкому спектрі задач для створення та використання кадастрів інженерних мереж і споруд.

На основі матеріалів досліджень діючих систем водопостачання та водовідведення міст України (Рівне, Івано-Франківськ, Ужгород, Краснодар (Росія) та інших) вивчено стан наявності в експлуатації організаціях («Водоканалах») технічної документації [3]. Ці дані засвідчують, що не тільки достовірна, але й наявна технічна документація присутня в недостатньому об'ємі. Такий стан характерний і для інших комунальних систем життєзабезпечення населених пунктів.

У зв'язку з цим виникає нагальна потреба у створенні єдиного систематизованого банку даних по інженерних мережах, який повинен постійно поновлюватись, і в першу чергу при проведенні аварійно-відновлювальних робіт, а також при реновації трубопроводів та реконструкції систем життєзабезпечення міст.

Особливо гостро, стоїть проблема обліку постійних змін в технічному стані споруд і мереж. Для цього необхідно проводити їх моніторинг на основі розроблених рекомендацій по створенню електронних кадастрів систем подачі води і розподілення води та інших інженерних комунікацій населених пунктів. Їх застосування передбачає:

- створення графічних шарів з територіальною інформацією в геодезичних чи координатах немасштабних схем;
- прив'язку семантичної інформації до територіальних об'єктів;
- введення, редагування і відображення інформації про технічні системи зі складною ієрархічною структурою;
- обробку і векторизацію растрових зображень різних форматів;
- формування умовних позначок (графічних образів) елементів технічної системи і режимів їхнього функціонування;
- створення розрахункових схем з автоматичним формуванням топології інженерної мережі і відповідних баз даних;



- накладення різних технічних систем на єдиний план.

При цьому користувачі здатні самостійно:

- редагувати графічну інформацію;
- створювати вхідні і вихідні форми представлення інформації;
- змінювати топологію мереж і режими роботи їх елементів.

Для створення електронних кадастрів автором розроблено комп'ютерну програму **PWM** (паспортизація водопровідних мереж), яка передбачає:

- створення графічних схем територій, споруд і комунікацій (із їх зображенням на плані міста, адресами, технічними характеристиками та робочими графічними схемами);
- створення систематизованого банку даних водо споживачів,
- автоматизований пошук елементів на графічних схемах і в базі даних;
- моделювання та аналіз аварійних ситуацій;
- моніторинг стану водопровідних мереж і споруд.

Моделювання аварійних ситуацій передбачає визначення місць відключення пошкоджених ділянок мережі на основі аналізу технічного стану водопровідних колодязів та запірної арматури в них.

За результатами аналізу аварійних ситуацій визначаються адреси і місця розташування колодязів, в яких слід закрити засувки. При необхідності переглядаються і виводяться на друк їх графічні схеми, вказуються споживачі (назви, адреси, № телефонів), які підлягають відключенні від подачі води.

Моніторингом водопровідних мереж і споруд передбачається:

- внесення змін і доповнень у графічні схеми водопровідних мереж і споруд;
- ведення електронних карток обліку пошкоджень та аварійно-відновлювальних робіт;
- ведення електронних карток водопровідних колодязів;
- аналіз і формування звітів зміни параметрів і стану споруд, обладнання та комунікацій;



- автоматизоване формування архіву зміни робочих параметрів споруд (рівнів води в РЧВ, напорів насосів, витрат води поданої в мережу тощо);
- ведення журналу та аналіз порушень в роботі системи.

Проведені таким чином паспортизація і моніторинг водопровідних мереж і споруд дозволяють більш точно, в повному об'ємі і на сучасному технічному рівні враховувати зміни їх стану, параметрів та недоліків в процесі експлуатації. Отримані статистичні дані (таблиця) показують, що в умовах старіння та зношення значна частина трубопроводних мереж, споруд та обладнання виведена із експлуатації через їх непридатний стан. При цьому окремі трубопроводи зруйновані і зношені (14...40%). Вони виведені із експлуатації і потребують негайної заміни. Частка водопровідних колодязів (10...30%) знаходиться в непридатному стані (затоплені водою, загазовані, замулені чи засмічені). Однак, труби та обладнання (засувки, пожежні гідранти тощо), які знаходяться в них, функціонують, але доступ до них затруднений чи неможливий. Тому, практично всі засувки (25...40%) в таких колодязях є нефункціональними. Крім того, у доступних колодязях у неробочому стані знаходиться 15...20% засувок. Отже, в цілому у наших містах 40...60% засувок непридатні до експлуатації. Це означає, що у разі аварії відключення аварійних ділянок мережі можливе з імовірністю 50%.

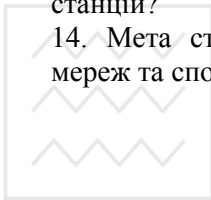
Проведений аналіз результатів моніторингу водопровідних мереж показує, що фактичний технічний стан трубопроводів, споруд та обладнання призводять до зниження в кілька разів нижче розрахункових показників надійності систем водо- забезпечення і потребують їх удосконалення.

Контрольні запитання

1. Які основні задачі обстеження систем СПРВ?
2. Які прилади необхідні для проведення досліджень?
3. Які основні етапи проведення робіт по реконструкції та інтенсифікації роботи СПРВ?
4. Яка методика визначення гідравлічних характеристик водоводів та водопровідних мереж?



5. Як визначаються місця встановлення манометрів-самописців?
6. Класифікація витоків води із зовнішніх та внутрішніх мереж.
7. Які основні напрямки скорочення витрат води?
8. Як моделюються споруди в СПРВ?
9. Для чого проводять зонування та районування водопровідних мереж?
10. Методика визначення робочих параметрів насосних агрегатів.
11. Які способи скорочення витрат електроенергії на насосних станціях?
12. Як проводиться оперативне регулювання насосних станцій?
13. Які методи оперативного керування роботою насосних станцій?
14. Мета створення електронного кадастру водопровідних мереж та споруд.





ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

№ з/п	Запитання	Варіанти відповідей
1	Недоліки, які мають місце на діючих системах водопостачання	<ul style="list-style-type: none">• втрата води• висока ступінь диспетчеризації• висока енергоємність• цілодобове забезпечення• незадовільний облік води
2	Інтенсифікація систем водопостачання досягається	<ul style="list-style-type: none">• покращенням водомірного обліку• зменшенням втрат води• забезпеченням всіх споживачів водою під необхідним тиском• створення замкнутих систем населених пунктів• раціоналізація водоспоживання
3	Задачі по зменшенню витоків води	<ul style="list-style-type: none">• введення особистих рахунків водоспоживачів• вчасна перевірка водолічильників• розробка рекомендацій по раціональному водоспоживанню• встановлення квартирних водолічильників• створення служби обліку та реалізації води
4	Параметри, які виміряють при натурних дослідженнях свердловини	<ul style="list-style-type: none">• глибину свердловини• дебіти• статичний рівень• динамічний рівень• вертикальність свердловини
5	Способи інтенсифікації роботи свердловин	<ul style="list-style-type: none">• гідропневматичний• реагентний• механічний• піротехнічний• гідродинамічний



6	Причини незадовільної роботи діючих свердловин	<ul style="list-style-type: none">• піскування• кольматаж фільтрів та прифільтрових свердловин• створення повітряних пробок• гідравлічний удар• погана якість води
7	Види кольматажу фільтрів	<ul style="list-style-type: none">• ультразвуковий• піротехнічний• механічний• хімічний• біологічний
8	Способи інтенсифікації та реконструкції руслових водозаборів	<ul style="list-style-type: none">• встановлення додаткових решіток на оголовки• герметизація берегових колодязів та створення в них вакууму• збільшення вхідної швидкості• будівництво додаткових секцій водозабору• заглиблення русла водоймища
9	Способи інтенсифікації процесу коагулювання	<ul style="list-style-type: none">• фракційне• концентроване• періодичне• повторне• мокре
10	Причини зменшення пропускної здатності водопровідних мереж	<ul style="list-style-type: none">• кольматаж• внутрішня корозія• зовнішня корозія• життєдіяльність бактерій• наявність у воді солей жорсткості та заліза
11	Способи інтенсифікації роботи водопровідних	<ul style="list-style-type: none">• дезинфекція• механічний• гідромеханічний• гідропневматичний



	мереж	<ul style="list-style-type: none">• піротехнічний
12	Причини незадовільної роботи насосних станцій	<ul style="list-style-type: none">• кавітація насосів• зменшення напору• зменшення подачі• невірно підібраний насос та двигун• коливання напруги
13	Інтенсифікація роботи насосних станцій	<ul style="list-style-type: none">• заміна насосних агрегатів• зміна частоти обертання насоса• реконструкція насосної станції• дроселювання засувкою• встановлення зворотнього клапану
14	причини зміни характеристики насосів	<ul style="list-style-type: none">• зношення підшипників• кавітація• зношення робочих коліс• відсутність приладів за контролем роботи• зміна частоти обертання
15	Прилади , які необхідно встановити для зняття фактичних характеристик насосів	<ul style="list-style-type: none">• віскозиметр• пєаніметр• тахометр• мановакууметр• панометрикс
16	Причини перевитрат електроенергії на насосних станціях	<ul style="list-style-type: none">• збільшення напору• збільшення подачі води• дроселювання засувкою• зміна частоти обертання• зміна робочих характеристик насосів



17	Способи скорочення витрат електроенергії на насосних станціях	<ul style="list-style-type: none">• дроселювання засувкою• обточка робочих коліс• використання високочастотних двигунів• використання різнотипних насосів• зміна частоти обертання насоса
18	Причини незадовільної роботи водолічильників	<ul style="list-style-type: none">• коливання тиску• корозія• неякісна вода• хлорування води• попадання повітря в трубопровід та лічильник
19	Причини зміни стану діючих СПРВ	<ul style="list-style-type: none">• дезинфекція води хлором• корозія трубопроводів• низька культура водоспоживання• помилки при проектуванні• низька надійність
20	Основні шляхи інтенсифікації та реконструкції СПРВ	<ul style="list-style-type: none">• реконструкція• впровадження АСУ ТП• впровадження графіків роботи насосних станцій• підключення нових споживачів• очистка та захист від корозії трубопроводів
21	Мета, яка досягається при реконструкції та інтенсифікації СПРВ	<ul style="list-style-type: none">• зменшення забруднень водоймищ• економія електроенергії• покращення забезпечення водою споживачів



		<ul style="list-style-type: none">• зменшення витоків води• зменшення нераціональних відборів води
22	Прилади та обладнання для дослідження діючих систем водопостачання	<ul style="list-style-type: none">• манометри-самописці• манометри зразкові• ватметри• витратоміри• п'єзометри
23	Мета проведення манометричної зйомки водопровідної мережі	<ul style="list-style-type: none">• визначення можливих місць витоків води• побудова карти ізоліній• забезпечення всіх споживачів водою під необхідним напором• зменшення втрат електроенергії• встановлення дійсних втрат напора на ділянках
24	Витоки води класифікують:	<ul style="list-style-type: none">• сховані• зовнішні• внутрішньобудинкові• великі• малі
25	Фактичні гідравлічні опори ділянок водопровідної мережі визначають	<ul style="list-style-type: none">• витратомірами та манометрами• методом "двох" манометрів• методом "трьох" манометрів• вузловим методом• полярних опорів
26	Місця встановлення манометрів-самописців на водопровідній мережі	<ul style="list-style-type: none">• будь-які• біля великих споживачів• на водоводах• на перехресті потоків• квадратним способом



27	Надлишкові напори у водопровідній мережі залежать від	<ul style="list-style-type: none">• конфігурації мережі• конструктивності• режимів роботи насосної станції• кількості поданої води• марки встановлених насосів
28	Інтенсифікація роботи повільних фільтрів досягається	<ul style="list-style-type: none">• вибором оптимальної швидкості фільтрації• нарощуванням біоплівки• гідрозмивом верхніх шарів засипки• "об'ємним" фільтруванням• модифікацією засипки
29	Реагенти, які використовуються для регенерації дебіту свердловини	<ul style="list-style-type: none">• сірчаноокислий алюміній• хлорне залізо• соляна кислота• сірчана кислота• вапно
30	Інтенсифікація роботи швидких фільтрів досягається застосуванням	<ul style="list-style-type: none">• нової засипки• нового реагенту• виду промивки засипки• перебудовою на двопоточні фільтри• інтенсивністю промивки
31	Методи та способи визначення витоків води із будинків	<ul style="list-style-type: none">• спеціальними приладами• через каналізаційні колодязі• водомірним обліком• обходом квартир• заміною квартирних кранів
32	Види промивок швидких фільтрів з метою інтенсифікації їх роботи	<ul style="list-style-type: none">• пульсуюча• водоповітряна• з чергуванням по площі фільтру інтенсивністю• зовнішніми струменями• пряма



33	Інтенсифікація процесу очистки води в зернистій засипці досягається	<ul style="list-style-type: none">• зміною напрямку фільтрування• оптимальними параметрами фільтрування• перебудовою фільтра• заміною дренажної системи• застосуванням нового вискоефективного фільтраційного матеріалу
34	Показниками економічної роботи насосних станцій є	<ul style="list-style-type: none">• оптимальний напір• оптимальна подача• питомі витрати електроенергії• загальні витрати електроенергії• зменшення надлишкових напорів в мережі
35	Необхідність інтенсифікації роботи водопровідної мережі викли-кана причинами	<ul style="list-style-type: none">• незадовільною якістю води, яка транспортується• збільшенням гідравлічних опорів• зношенням насосного обладнання на насосних станціях• несправністю арматури• великим водорозбором
36	Основні заходи, щодо збільшення пропускної здатності трубопроводів	<ul style="list-style-type: none">• ліквідація неконструктивності мережі• підвищення напору насосів на насосних станціях• встановлення нових потужних насосів• прокладка додаткових ліній• зменшення подачі води насосною станцією



37	Інтенсифікація роботи систем водопостачання досягається	<ul style="list-style-type: none">• збільшенням подачі води• зменшенням витрат електроенергії• зменшенням витоків води• збільшенням собівартості води• зменшенням числа аварій
38	Модифікаційна засипка це	<ul style="list-style-type: none">• нова зерниста засипка• зернистий матеріал з розвинутою питомою поверхнею• засипка із збільшеною поверхневою активністю• засипка із збільшеним гідравлічним опором• різного роду модифікатори
39	"Об'ємне" фільтрування це	<ul style="list-style-type: none">• фільтрування в об'ємній споруді• затримання всіх завислих речовин• затримання завислих речовин послідовно - великі більш великими зернами і навпаки• зміна напрямку фільтрування на повільному фільтрі• збільшення товщини біоплівки
40	Процес приготування розчину коагулянта інтенсифікують	<ul style="list-style-type: none">• підводом гарячої води• забезпеченням необхідної швидкості виходу повітря із отворів повітряно-розподільчої системи• максимальним розгалуженням водо-розподільчої системи по



		<p>площі баків</p> <ul style="list-style-type: none">• застосуванням максимально пиловидного коагулянта• меншою розчинністю коагулянту
41	Основними задачами боротьби з втратами води є	<ul style="list-style-type: none">• Складання лімітів на воду• Введення особистих рахунків на воду• Боротьба з крадіжками води• Розробка рекомендацій по раціональному використанню води• Перевірка роботи водолічильників
42	Фактори , які ускладнюють роботу поверхневих водозаборів	<ul style="list-style-type: none">• Зміни бактеріологічних показників води• Створення донного льоду та шуги• Цвітіння води• Біооброшення• Купорусування водоймища
43	Способи боротьби з цвітінням на водоймищах	<ul style="list-style-type: none">• Хлорування• Мікрофільтрування• Купорусування• Скидання теплої води• Обробка фенольними сполуками
44	Способи боротьби з обмерзанням решіток	<ul style="list-style-type: none">• Зменшення вхідної швидкості• Будівництво гребель та дамб• Встановлення додаткових решіток• Скидання теплої води• Електропідігрів



45	Способи збільшення концентрації розчину коагулянта	<ul style="list-style-type: none">• Повторне розчинення• Інтенсивне перемішування при розчиненні• Використання теплої води при розчиненні• Збільшення тривалості відстоювання розчину• Використання очищеного коагулянта
46	Причини утворення відкладень в водопровідних трубах	<ul style="list-style-type: none">• Цвітіння води• Життєдіяльність залізобактерій• Підвищена жорсткість води• Кольматаж• Корозія
47	Способи очищення водопровідних труб від відкладень	<ul style="list-style-type: none">• Механічний• Гідродинамічний• Гідропневматичний• Гідромеханічний• Піротехнічний
48	Причини аварій на водопровідних мережах	<ul style="list-style-type: none">• Гідравлічні удари• Коливання тиску в мережі• Біообростання• Кольматаж• Грунтова корозія
49	Параметри , які враховуються при роботі насосних станцій	<ul style="list-style-type: none">• Сила току• Навантаження на фундамент• Витрати води• Витрати повітря• Рівні води в РЧВ
50	Причини несправностей насосів	<ul style="list-style-type: none">• Зменшення подачі• Зменшення напору• Кавітація• Підвищення температури в підшипниках



		<ul style="list-style-type: none">• Коливання напруги
51	Управління режимами роботи насосних агрегатів	<ul style="list-style-type: none">• За графіками• За рівнями води в РЧВ• За величиною тисків в мережі• По використовуваній потужності• За вказівкою диспетчера
52	Основні прийоми регулювання роботи насосних агрегатів	<ul style="list-style-type: none">• Реконструкція насосних станцій• Включення допоміжних насосів• Зміна потужності• Дроселювання засувкою• Зміна частоти обертання
53	Періодичність зняття фактичних характеристик насосних агрегатів	<ul style="list-style-type: none">• Один раз в рік• Один раз в два роки• Один раз в три роки• Один раз в чотири роки• Два рази в рік
54	Причини зміни робочих характеристик насосів	<ul style="list-style-type: none">• Зношення підшипників• Підвищення температури води• Кавітація• Зношення робочих коліс• Відсутність водомірного обліку
55	Прилади, які використовують при випробуванні насосів	<ul style="list-style-type: none">• Віскозиметр• Дифманометр• Напірна трубка• Тахометр• Мановакууметр



56	Причини втрат електроенергії на насосних станціях	<ul style="list-style-type: none">• Збільшення подачі води• Дроселювання засувками• Зміни робочих характеристик насосів• Зміна частоти обертання насоса• Зменшення подачі води насосами
57	Способи скорочення втрат електроенергії на насосних станціях	<ul style="list-style-type: none">• Використання різнотипних насосів• Дроселювання засувками• Обточка робочих коліс• Зміна частоти обертання насосів• Використання високочастотних двигунів
58	Типи пристроїв для обліку води	<ul style="list-style-type: none">• Камерні діафрагми• Лічильники крильчасті• Манометри• Тахометри• Лічильники турбінні
59	Інтенсифікація процесу очищення на повільному фільтрі досягається	<ul style="list-style-type: none">• Влаштуванням двошарової засипки• застосуванням (тимчасово) поліакриламід• зменшенням швидкості фільтрування• збільшенням швидкості фільтрування• попереднім відстоюванням
60	Модифікаційні добавки це	<ul style="list-style-type: none">• Органічні з'єднання• Мінеральні з'єднання• Вапняк• Торфова мука• Сода



61	Підвищення тривалості фільтроциклу на повільному фільтрі досягається наступними способами	<ul style="list-style-type: none">• Використанням 0,1 процентного розчину сірчаноокислого алюмінію• Розчину поліакриламід• Заміна "плівкового" фільтрування на "об'ємне"• Збільшенням швидкості фільтрування• Попередньою підготовкою води
62	Вимірювання гідравлічних опорів водопровідних мереж виконується	<ul style="list-style-type: none">• Скиданням води через пожежний гідрант• Скиданням води через пожежний стендер• Скиданням води через декілька послідовно розташованих пожежних гідрантів• Зняттям фактичних характеристик насосів• Встановленням витоків на мережі
63	Встановлення витоків водопровідної мережі проводиться	<ul style="list-style-type: none">• За допомогою водолічильників• За допомогою манометрів• Аналітично• Методом "2-х манометрів"• Методом "3- Манометрів"
64	Етапи проведення робіт по реконструкції та інтенсифікації системи водопостачання	<ul style="list-style-type: none">• Збір даних про діючу систему• Проведення натурних досліджень• Складання математичної моделі• Налаштування водомірного обліку



		<ul style="list-style-type: none">• Розробка рекомендацій по інтенсифікації та реконструкції системи
65	Що таке реконструкція	<ul style="list-style-type: none">• підвищення продуктивності• підвищення працездатності• посилення працездатності• перевлаштування з метою покращення• перебудова з метою удосконалення
66	Що називають інтенсифікацією	<ul style="list-style-type: none">• підвищення продуктивності• посилення працездатності• перевлаштування з метою покращення• перебудова з метою удосконалення• підвищення напруженості
67	Збільшення кількості води, що подається може бути реалізовано шляхом	<ul style="list-style-type: none">• інтенсифікації та реконструкції без будівництва додаткових споруд• будівництвом додаткових споруд• інтенсифікації та реконструкції з додатковим будівництвом• зміною технологічного режиму очисних споруд• оптимізацією роботи споруд
68	Покращення якості очищення води для господарсько-питних потреб здійснюється	<ul style="list-style-type: none">• зміною технологічного режиму• реконструкцією очисної станції• розширенням очисної станції• реконструкцією та



		<p>розширенням очисної станції</p> <ul style="list-style-type: none">• збільшенням надійності споруд
69	<p>Покращення техніко-економічних показників роботи споруд ВКГ можливе</p>	<ul style="list-style-type: none">• покращення якості води• збільшенням надійності роботи споруд• оптимізацією режимів роботи споруд• застосуванням менш енергоємного обладнання• покращення системи управління спорудами ВКГ
70	<p>Збільшення надійності роботи споруд здійснюється шляхом</p>	<ul style="list-style-type: none">• резервуванням основних споруд та обладнання• покращенням води, що подається• застосуванням більш досконалого обладнання• збільшенням кількості води, що подається• моніторинг основних технічних параметрів для раціонального управління спорудами
71	<p>Основними причинами зменшення дебіту промислових водозаборів є</p>	<ul style="list-style-type: none">• замулення русла ріки в місці розташування променів• занос фільтрових труб піском• заростання променів солями кальцію, заліза• невірно вибраний майданчик водозабору• взаємодія променів між собою



72	Відновлення продуктивності променевих водозаборів проводиться	<ul style="list-style-type: none">• оптимізацією роботи променів• механічна очистка йоршем• промивання із застосуванням насадок• продувка стиснутим повітрям• реагентною обробкою шляхом задавлювання реагенту за контур фільтра
73	Для відновлення продуктивності шахтних колодязів застосовують методи	<ul style="list-style-type: none">• реагентні• імпульсно-реагентні• механічні• гідравлічні• електричні
74	Причини зниження продуктивності водозабірних споруд із поверхневих джерел	<ul style="list-style-type: none">• кольматаж оголовка• занос оголовка наносами• забруднення сміттєзатримуючих решіток, сіток• відкладання донних наносів на подавальних лініях• низький рівень води
75	Подавальні лінії та оголовки промивають	<ul style="list-style-type: none">• реагентним способом• водопровідним способом• зворотнім током води• імпульсним способом• піротехнічним
76	Перевірочний розрахунок діючих водопровідних споруд виконують з метою	<ul style="list-style-type: none">• визначення можливої (фактичної) продуктивності станції• визначення швидкості протікання технологічних процесів• визначення технологічних параметрів



		<ul style="list-style-type: none">• порівняння продуктивності і швидкості з нормативними• аналізують показники якості води
77	Що таке "вузькі" місця станції ?	<ul style="list-style-type: none">• перешкоджання збільшенню подачі• мала пропускна здатність трубопроводів• перешкоджання поліпшенню якості води• незадовільний розподіл води між спорудами• погана продувка (скидання осаду)
78	Удосконалення процесу коагуляції ведуть по наступних напрямках	<ul style="list-style-type: none">• визначають "вузькі" місця станції очистки• використовують нові реагенти• оптимізують місце їх введення• аналізують показники якості води• використання інтенсивних режимів коагуляції
79	В теперішній час використовують такі реагенти	<ul style="list-style-type: none">• сірчаноокислий алюміній• оксохлорид алюмінію• гідроксилхлорид алюмінію• поліакриламід• полвак
80	Розподільники реагентів є	<ul style="list-style-type: none">• кільцеві• перфоровані• струминні• камерно-променевий• дифузійний



81	Інтенсивність змішування реагентів з водою характеризує	<ul style="list-style-type: none">• видом змішувача• градієнтом швидкості• критерієм Кемпа• критерієм Фруда• каламутністю води
82	Основні способи інтенсифікації роботи відстійників і прояснювачів із шаром завислого осаду	<ul style="list-style-type: none">• поліпшення рівномірності розподілу води• застосування механічних камер утворення пластівців• рециркуляція осаду• аерування води• вдосконалення систем видалення осаду
83	Способи поліпшення рівномірності розподілу води	<ul style="list-style-type: none">• зміна форми каналу• установка направляючих перегородок• встановлення підвісної стінки у горизонтальному відстійнику• встановлення рециркулятора• рециркуляція осаду
84	Нові конструкції камер утворення пластівців	<ul style="list-style-type: none">• рециркуляційних• контактних• тонкошарово-ежекційних• рециркуляційних• водоворотних
85	Штучне закаламутнюван-ня води застосовують	<ul style="list-style-type: none">• у періоди низької температури та малої каламутності води• у періоди низької температури• у періоди малої каламутності• для поліпшення процесу



		<p>коагулювання</p> <ul style="list-style-type: none">• для стабілізації завислого фільтра
86	Рециркулятори монтують	<ul style="list-style-type: none">• разом з тонкошаровими модулями• в зоні завислого фільтра в освітлювачах із шаром завислого осаду• в камерах реакції вбудованих у горизонтальні відстійники• для вдосконалення системи видалення осаду• реконструкції відстійників
87	Методи інтенсифікації фільтрувальних споруд	<ul style="list-style-type: none">• удосконалення конструкції елементів фільтра• удосконалення систем вилучення осаду• встановлення тонкошарових модулів• фільтрування в напрямку крупності зерен, що убуває• використання нових фільтрувальних матеріалів
88	Методи інтенсифікації роботи фільтрувальних споруд	<ul style="list-style-type: none">• використання контактної засипки• фільтрування в напрямку крупності зерен, що убуває• фільтрування із зменшеною по ходу потоку швидкістю• використання нових фільтруючих матеріалів• удосконалення конструкції фільтрів



89	Де реалізований метод фільтрування в напрямку крупності зерен, що убуває	<ul style="list-style-type: none">• двошарових фільтрів• багат шарових фільтрів• двопоточних фільтрів• комбінований вертикальний відстійник-фільтр• двоступінчате фільтрування
90	Сучасні фільтрувальні матеріали	<ul style="list-style-type: none">• керамзит• вулканічні шлаки• цеоліт• пінополістирол• габро-діабаз
91	Підвищення ефективності регенерації засипки	<ul style="list-style-type: none">• зворотним струмом води• водоповітряне промивання• пульсуюче промивання• повітряне промивання• промивання, що чергується
92	Вдосконалення дренажно-розподільної системи	<ul style="list-style-type: none">• трубчаста із підтримаючим шаром гравію• пористого полімербетону• пластмасових перфорованих труб• скловолокна• синтетичних волокон
93	Схеми полімербетонних дренажів є таких конструкцій	<ul style="list-style-type: none">• лотковий• трубчастий безгравійний дренаж• дірчастий• "сендвіч"• сітчастий
94	Витоки і невраховані витрати води поділяються	<ul style="list-style-type: none">• невраховані витрати води• необліковані витрати води• враховані водолічильником, але витрачені даремно• технологічні витрати• корисні витрати води, враховані водолічильником,



		але не оплачені
95	Невраховані витрати води це витоки	<ul style="list-style-type: none">• із труб зовнішньої мережі• нераціональні витрати води на промислових підприємствах• витрати води на пожежогасіння• при аваріях та розривах труб• з водорозбірних колонок
96	Перелік приладів, які необхідні для встановлення характеристик насосів	<ul style="list-style-type: none">• вакууметри• манометри• нівеліри• витратоміри• ватметри
97	Фактичні гідравлічні опори водопровідної мережі визначаються методом	<ul style="list-style-type: none">• Шевелєва• "двох" манометрів• манометричною зйомкою• "трьох" манометрів• повірочними гідравлічними розрахунками
98	Манометрична зйомка дозволяє встановити	<ul style="list-style-type: none">• зони з надлишковими напорами• зони з недостатніми напорами• визначити "вузькі" місця мережі• витоки із водопровідної мережі• перевантажені ділянки мережі
99	При аналізі результатів розрахунку на ЕОМ	<ul style="list-style-type: none">• перевантажені ділянки, на яких швидкості вище економічних



	визначаються	<ul style="list-style-type: none">• недовантажені ділянки, з малими швидкостями• лінії з економічними швидкостями• зони з надлишковими напорами• зони з недостатніми напорами
100	Методи регулювання роботи насосів	<ul style="list-style-type: none">• дроселювання напірною засувкою• поворотом лопат насоса• зміною частоти обертання насоса• дроселюванням на всмоктувальній лінії• обточкою коліс• встановленням тонкошарових модулів• рециркуляції осаду• своєчасним видаленням осаду• своєчасною подачею промивної води• вдосконаленням систем подачі та збору води і осаду
101	Підвищення ефективності роботи попередньої ступені очищення досягається	<ul style="list-style-type: none">• пінополістирол• щебінь• керамзит• аглопорит• шунгізит
102	Фільтри з плаваючою засипкою мають	<ul style="list-style-type: none">• чистою водою із надфільтового простору• чистою водою із підфільтового простору• водою із спеціальної ємності
103	Пінополістирольні фільтри із висхідним фільтраційним потоком промиваються	



		<ul style="list-style-type: none">• поданою насосом• подоною гідроелеватором
104	В схемах знезалізнення затримка тривалентного заліза проходить в	<ul style="list-style-type: none">• пінополістирольній засипці• піщаній засипці• кільцях рашига• щебені• буферній ємкості

Термінологічний словник

Безперерійність систем господарсько-питного водопостачання – забезпечення споживачів достатньою кількістю води під необхідним напором відповідно до встановлених нормативів.

Вантуз – пристрій для випускання й впускання повітря у трубопровід при нормальній його експлуатації, а також при його спорожнюванні та наповнюванні водою.

Випуск – пристрій для скидання води при спорожнюванні водоводів.

Витоки води - самочинне витікання води через нещільність або пошкодження трубопроводів, їх з'єднань, сальників і запірних органів водопровідної арматури, стіни та днища ємностей для води під дією тиску води.

Витрата води – кількість води, що протікає через живий переріз за одиницю часу.

Витрати води – кількість води, що протікає через живий переріз за одиницю часу.

Відстійник – споруда, в якій проходить осадження найбільш крупних часток під дією сили тяжіння.

Вільний напір – висота стовпа води над поверхнею землі в точці приєднання споживачів до зовнішньої водопровідної мережі.

Вода питна – вода, склад і властивості якої відповідають нормам якості питної води.



Водовипуск – пристрій для скидання води при спорожнюванні трубопроводів, які встановлюють найнижчих точках ремонтних ділянок водоводів і магістральних ліній мережі.

Водовод – трубопровід для транспортування води між окремими водопровідними спорудами, зокрема, від насосної станції до мережі.

Водонапірна башта – висотна споруда у складі бака для води, розміщеного на опорах (стволі башти), технологічних трубопроводів та інших елементів (блискавковідводу, драбини, шатра (необов'язково) навколо бака тощо).

Водопостачання питне – виробнича діяльність, яка направлена на забезпечення споживачів питною водою.

Водопровідна арматура – пристрої для забезпечення експлуатаційних режимів і надійної роботи трубопроводів і споруд, проведення їх обслуговування та ремонтів.

Водопровідна мережа – система трубопроводів і споруд на ній для доставки води до місць її споживання.

Водорозбірна колонка – пристрій для розбору води із зовнішніх водопровідних мереж, що встановлюється у районах житлової забудови без внутрішнього водопроводу в будинках.

Водоспоживач – споживач води із водопроводу (населення, підприємства, установи, заклади тощо), яких відносять до різних категорій з різними вимогами до кількості та якості води.

Втрати води – фізичні втрати води з системи ПРВ з причини пошкоджень мереж і споруд водопроводу, несправності запірної арматури, схованих витоків з трубопроводів і резервуарів.

Вузол водопровідної мережі – умовна точка розбору води, яка відповідає спрощеній схемі водорозбору із мережі.

Гідралічний опір трубопровода – параметри, які визначають його пропускну спроможність і залежать від довжини, діаметра, матеріалу труб та інших показників, зокрема, місцевих опорів на ділянках водопровідних мереж чи водоводів.

Гідралічний розрахунок водопровідної мережі – серії перевірочних обчислень для визначення фактичних витрат води та втрат напору на ділянках, а також п'єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі.

Графік водоспоживання – розподіл по годинах доби сумарних витрат води всіх категорій водоспоживачів населеного пункту.



Джерело питного водопостачання – водний об’єкт (водойма, водотік, водоносний горизонт), вода якого використовується для питного водопостачання після відповідної обробки або без неї.

Диктуюча точка – це вузол мережі, в якому вільний напір дорівнює потрібному за умови, що у всіх інших вузлах мережі вільні напори не будуть меншими за потрібні.

Економічно вигідний діаметр труб – розрахункова величина діаметра, при якому дисконтовані витрати є найменшими.

Засувка – пристрій для повного чи часткового перекриття потоку води в трубопроводі, запірні елементи якого (диски) пересуваються перпендикулярно потоку.

Знебарвлення – технологічний процес, в результаті якого змешується забарвленість (кольоровість) води.

Знезалізнєння – процес, в результаті якого із води затримується катіон заліза.

Зонування систем подачі та розподілення води – поділ СПРВ на кілька окремих автономних зон у складі єдиної централізованої системи водопостачання.

Категорії водоспоживачів – групи споживачів води, об’єднаних за певними ознаками, зокрема, умовами проживання, виробництва, вимогами до кількості та якості води тощо. Найчастіше це – населення, комунально-побутові заклади, промислові й сільськогосподарські підприємства, поливні території, пожежі.

Колодязь водопровідний – споруда, призначена для розміщення засувок, гідрантів та інших видів арматури й фасонних частин.

Комерційні втрати води – кількість води, що самовільно забрана споживачами з мереж водопроводу та не буде оплачена (підключення до мережі водопроводу без відома підприємства ВКГ, недозволений розбір води через обвідні трубопроводи поза лічильниками, а також з гідрантів, установлених на зовнішній мережі, вдорозбірних колонок тощо).

Конструктивна схема мережі – схема розміщення водопровідної арматури (пожежні гідранти, колонки, засувки, водовипуски) на трубопроводах мережі.

Люк – верхня частина перекриття водопровідного колодязя у складі кришки і корпусу, встановленого на опорну частину горловини чи робочої камери колодязя.



Магістральні лінії водопровідної мережі – трубопроводи, що призначені для транспортування значних витрат води до найвіддаленіших її споживачів.

Насосна станція – водопровідна споруда для подачі води під напором у водопровідну мережу, окремим або групам водоспоживачів.

Необлічені витрати води – витрати води, не облічені лічильниками споживачів через їх нечутливість до малих витрат або через погіршення метрологічних характеристик водолічильників у процесі експлуатації, а також витрати води на пожежогасіння та протипожежні заходи і комерційні втрати.

Необхідний напір – величина тиску води у метрах водяного стовпа, необхідного для забезпечення її подачі до споживачів, які знаходяться на верхніх поверхах будівель, а для підприємств – мінімального тиску для виконання технологічних процесів.

Норматив втрат та не облічених витрат води – фізичний об'єм втрат та не облічених витрат води, розрахований за Методикою та затверджений виконавчим комітетом органу місцевого самоврядування.

Об'єднані системи водопостачання – системи, які забезпечують питні та господарсько-побутові потреби населення, виробничі потреби підприємств, а також потреби у воді на пожежогасіння.

П'єзометрична позначка – абсолютне значення позначки рівня води, до якої вона може піднятися у відкритій зверху трубіці, умовно встановленій у водопровідну споруду чи трубопровід.

Питоме господарсько-питне водоспоживання – кількість питної води, яка необхідна для задоволення (забезпечення) фізіологічних та побутових потреб однієї людини на протязі доби в конкретному населеному пункті, окремому об'єкті, транспортному засобі при нормальному функціонуванні систем питного водопостачання або надзвичайних ситуаціях.

Пожежний гідрант – водорозбірний пристрій, призначений для відбору води із зовнішніх водопровідних мереж при гасінні пожежі.

Повільний фільтр – місткість із тонкозернистою засипкою, на якій утворюється плівка в процесі фільтрування і яка забезпечує затримку забруднюючих речовин.



Прояснення – технологічний процес, в результаті якого затримуються колоїдні і завислі частки, зменшується каламутність води.

Прояснювач із шаром завислого осаду – місткість із висхідним потоком води і шаром раніше затриманих домішок, які знаходяться у завислому стані і затримують нові порції домішок.

Реагент – хімічна сполука, яка вводиться в воду для інтенсифікації або забезпечення затримання домішок із води.

Резервуар чистої води – підземна чи наземна ємкісна споруда для зберігання значних об'ємів води (регульовальних, пожежних, аварійних і (або) на власні потреби).

Ремонтна ділянка водовода – ділянка водоводу, яка може бути виключена із роботи запірною арматурою, зокрема, для проведення ремонтних робіт.

Рівень забезпеченості споживачів водою – частка (або відсоток) витрат, що перевищують задану величину витрати води.

Розподільчі лінії водопровідної мережі – трубопроводи, що призначені для розподілу води по території об'єкта водопостачання і доставки її до окремих споживачів.

Розрахункова витрата вода – добова, погодинна чи секундна витрата води, яка визначається для всіх категорій споживачів і об'єкта водопостачання в цілому для проведення техніко-економічних і гідравлічних розрахунків мережі.

Розрахункові режими роботи водопровідної мережі – характерні режими подачі та розбору води із мережі, за якими проводять її техніко-економічні та гідравлічні розрахунки. Найчастіше такі, що відповідають найбільшому навантаженню на мережу.

Система водопостачання – комплекс інженерних споруд, призначених для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, транспортування й розподілу водоспоживачам.

Система подачі і розподілення води (СПРВ) – технологічно взаємозв'язана система водопровідних споруд, до складу яких входять водоводи, магістральні і розподільчі зовнішні мережі, насосні станції та напірно-регульовальні споруди.

Схема водопостачання – взаємне розташування споруд системи водопостачання, яке найчастіше зображають графічно.



Сховані витоки води – витоки води з трубопроводів водопостачання через нещільності, які утворилися в процесі експлуатації та які не виходять на поверхню ґрунту або твердого покриття вулиць.

Техніко-економічні розрахунки водопровідної мережі – комплекс обчислень, основною метою яких є визначення економічно вигідних діаметрів труб на ділянках мережі, за умови дотримання нормативних вимог і технічних обмежень в її роботі.

Технологічна схема очищення води – певний набір технологічних споруд, які забезпечують затримку забруднюючих речовин.

Трасування водопровідної мережі – визначення схеми трубопроводів мережі на плані населеного пункту з дотриманням певних рекомендацій.

Централізована система водопостачання – комплекс інженерних пристроїв і споруд для забезпечення питною водою всієї сукупності визначених її споживачів на території об'єкта водопостачання.

Швидкий фільтр – місткість із зернистою засипкою, в товщі якої затримуються дрібнодисперсні прокоагульовані частки.



СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М. : Стройиздат, 1982. – 440 с.
2. Бочевер Ф.М. и др. Проектирование водозаборов подземных вод. – М.: Стройиздат, 1976. – 291 с.
3. Василенко О.А., Грабовський П.О. та ін. Реконструкція та інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення. – К.: Одеса, 2007. – 299 с.
4. ВБН 46/33 – 2.5 – 5 – 96. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. – К., 1996. – 152 с.
5. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорева. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
6. Душкин С.С., Дегтярева Л.И. Водоподготовка и процессы микробиологии: Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1996. – 164 с.
7. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
8. Інформаційно-аналітичні матеріали до засідання колегії Держжитлокомунгоспу України з питань «Про підсумки роботи галузі у 2003 році та завдання на 2004 рік». – К: Держжитлокомунгосп, 2004. – 100 с.
9. Кульський Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. – К.: Вища школа, 1986. – 352 с.
10. Образовский А.М., Ереснов Н.В. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
11. Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. – 163 с.
12. Орлов В.О. Сільськогосподарське водопостачання. – К.: Вища шк., 1998. – 182 с.
13. Орлов В.О., Зошук А.М. Проектування систем сільськогосподарського водопостачання. – Рівне: НУВГП, 2005. – 252 с.
14. Орлов В.О., Шевчук Б.И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – К.: Будивельник, 1989. – 128 с.
15. Орлов В.О., Тугай Я.А., Орлова А.М. Водопостачання та водовідведення. – К.:Знання, 2011 – 359 с.

16. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод / ВНИИВодгео. – М.: Стройиздат, 1989. – 270 с.
17. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. Справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.
18. 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. – 128 с.
19. Семчук Г.М. Сучасний стан і проблеми реформування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України // Вода і водоочисні технології. – 2005. – №2. – С. 5 – 10
20. СНиП 2.04.02 – 84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
21. 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. – 277 с.
22. Ткачук О.А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. – Рівне: НУВГП, 2008. – 301 с.
23. Тугай А.М. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – К.: Вища шк., 1984. – 200 с.
24. Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Бурова справа в водопостачанні. – Рівне: НУВГП, 2004. – 268 с.
25. Тугай А.М., Тугай Я.А. Водопостачання. Джерела і водозабірні споруди. – К.: УФІ М і Б, 1998. – 192 с.
26. Епоян С.М., Колотило В.Д. та ін. Водопостачання та очистка природних вод. – Харків: Фактор, 2010 – 192 с.
27. Яцик А.В. Водні ресурси України в контексті її сталого розвитку//Зб. доп. Між нар. Конгр.. «екологія, технологія, економіка водопостачання та каналізацій» (ЕТЕВК-2005). – Ялта, 2005. – С. 58 – 65.



ВСТУП.....	3
1. ВОДОСПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	4
1.1. Особливості функціонування систем водопостачання.....	4
1.2. Структура витрат та втрат води в сучасних умовах	6
2. ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ.....	18
2.1. Водозабірні споруди із підземних джерел.....	18
2.1.1. Завдання і методика інтенсифікації та реконструкція роботи водозабірних свердловин.....	19
2.1.2. Проведення діагностики свердловин та розробка проекту на реконструкцію.....	21
2.1.3. Математичне моделювання при розрахунках підземних водозаборів.....	23
2.1.4. Поновлення, налагоджування, підвищення дебіту свердловин.....	31
2.2. Водозабірні споруди з поверхневих джерел.....	38
2.2.1. Цілі і задачі інтенсифікації водозаборів.....	38
2.2.2. Підвищення продуктивності та надійності.....	40
2.2.3. Захист водозаборів від домішок у воді.....	44
2.2.4. Попереднє механічне очищення води на водозаборах.....	47
2.2.5. Компактні сітчасті установки на водозаборах.....	58
3. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ ВОДООЧИСНИХ СПОРУД.....	68
3.1. Цілі інтенсифікації роботи водоочисних споруд.....	68
3.2. Фактори, які слід враховувати при інтенсифікації технологічних схем.....	69
3.3. Безреагентні схеми прояснення і знебарвлення води.....	76
3.4. Реагентні схеми прояснення і знебарвлення води.....	80
3.5. Попередня ступінь прояснення води.....	90
3.6. Інтенсифікація роботи фільтрувальних споруд.....	103
3.7. Реагентне господарство.....	140
3.8. Знезалізнення та дезодорація води.....	158
4. СИСТЕМИ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ (СПРВ).....	174
4.1. Мета проведення робіт по інтенсифікації та реконструкції СПРВ.....	174
4.1.1. Прилади та обладнання для проведення досліджень на діючих системах водопостачання.....	174



4.1.2. Етапи проведення робіт по інтенсифікації та реконструкції систем водопостачання.....	176
4.2. Визначення гідравлічних характеристик водопровідних ліній.....	177
4.2.1. Визначення гідравлічних опорів водоводів.....	177
4.2.2. Визначення опорів ділянок водопровідної мережі.....	180
4.3. Манометрична зйомка.....	183
4.4. Реконструкція ділянок водопровідних мереж безтраншейним способом шляхом відновлення пропускної здатності.....	185
4.5. Витоки води із водопровідної мережі. Методи, класифікація, визначення.....	189
4.5.1. Основні напрямки скорочення витрат води із зовнішніх мереж і споруд водопостачання.....	196
4.6. Короткий аналіз методів моделювання, розрахунків та проектування СПРВ.....	203
4.6.1. Математичне моделювання СПРВ.....	207
4.7. Зонування та районування СПРВ.....	209
4.8. Інтенсифікація та реконструкція роботи водопровідних насосних станцій.....	217
4.8.1. Причини перевитрат та резерви економії електроенергії на насосних станціях.....	217
4.8.2. Визначення робочих характеристик насосних агрегатів.....	217
4.8.3. Способи скорочення витрат електроенергії на насосних станціях.....	220
4.8.4. Оперативне регулювання режимами насосних станцій.....	222
4.8.5. Дроселювання напірною засувкою.....	223
4.8.6. Регулювання зміною частоти обертання насоса.....	224
4.8.7. Методи управління насосною станцією.....	226
4.9. Створення електронного кадастру та паспортизація систем водопостачання на ПЕОМ.....	228
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....	233
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	255
ЛІТЕРАТУРА.....	261