

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

М. А. Цейтлін, В. Ф. Райко, О. В. Шестопапов
Т. Б. Новожилова, Д. І. Нечипоренко

**ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ
НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТА ПІДПРИЄМСТВ**

Навчальний посібник
для студентів спеціальностей 101 «Екологія»,
183 «Технології захисту навколишнього середовища»,
263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖЕНО
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1
від 28.01.2022 р.

Харків
2022

УДК 628.1, 628.2 (075.8)

I-62

Рецензенти:

В. О. Панасенко, д-р. техн. наук, проф., начальник науково-технічного відділу
ДУ «Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії»

А. О. Шкоп, канд. техн. наук, директор науково-виробничого підприємства
«Техносинтез»

Автори: *М. А. Цейтлін, В. Ф. Райко, О. В. Шестопа-
лов, Т. Б. Новожилова,
Д. І. Нечипоренко*

Цейтлін М. А.

I-62 Інженерні системи водопостачання та водовідведення населених пунктів та підприємств: навч. посіб. / М. А. Цейтлін, В. Ф. Райко, О. В. Шестопа-
лов, Т. Б. Новожилова, Д. І. Нечипоренко. – Харків: ФОП Панов А. М.,
2022. – 118 с.

ISBN 978-617-8113-25-4

У навчальному посібнику розглядаються технології, апаратурне оформлення та інженерні рішення, що застосовуються у системах водопостачання та водовідведення населених пунктів та підприємств. Детально розглянуті всі теми відповідної навчальної дисципліни, а також висвітлено ряд додаткових питань та напрямів.

Призначено на студентів спеціальностей 101 «Екологія», 183 «Технології захисту навколишнього середовища», 263 «Цивільна безпека» усіх форм навчання.

Іл. 64. Бібліогр. 41 назв.

УДК 628.2, 628.2 (075.8)

© Цейтлін М. А., Райко В. Ф.,
Шестопапов О. В., Новожилова Т. Б.,
Нечипоренко Д. І., 2022

ISBN 978-617-8113-25-4

ЗМІСТ

1.	ПЕРЕДМОВА	6
2.	ЯКОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНОЇ ВОДИ	8
2.1.	Загальна характеристика природних вод	8
2.2.	Фізичні властивості води	8
2.3.	Класифікація забруднень води	9
2.4.	Якісні показники води	9
2.4.1.	Вміст зважених речовин. Каламутність	9
2.4.2.	Кольоровість	10
2.4.3.	Запахи і присмаки води	10
2.4.4.	Температура води.....	10
2.4.5.	Розчинені у воді гази	10
2.4.6.	Гідробіонти	11
2.4.7.	Хімічні показники якості води	13
	Контрольні питання до розділу 2	14
3.	СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ЇЇ ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ	15
3.1.	Система водопостачання	15
3.1.1.	Система водопостачання з поверхневих джерел	15
3.1.2.	Система постачання питної води з підземних джерел	16
3.1.3.	Призначення і робота регулюючих та запасних ємностей	17
3.2.	Споруди для прийому води з поверхневих джерел	17
3.2.1.	Вибір місця розташування водоприймача.....	17
3.2.2.	Типи водоприймачів	18
3.2.3.	Річкові водоприймачі берегового типу.....	18
3.2.4.	Споруди для прийому води з підземних джерел	20
3.2.5.	Схеми водозбірних споруд із трубчастими колодязями.....	22
3.3.	Насоси	23
3.3.1.	Визначення, основні параметри та вимоги	23
3.3.2.	Конструкції і принцип дії лопатевих насосів.....	25
3.3.3.	Вихрові насоси	29
3.3.3.	Об'ємні насоси	31
3.4.	Основні технології та обладнання станції очистки питної води	33
3.4.1.	Принципова схема комплексу водогінних очисних споруд.....	34

3.4.2. Коагулювання і споруди для коагуляції.....	36
3.4.4. Камери для утворення пластівців.....	39
3.4.5. Відстоювання.....	40
3.4.6. Фільтрування	42
Контрольні питання до розділу 3	45
4. ПРОМИСЛОВЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ.....	46
4.1. Системи водозабезпечення промислових підприємств	46
4.2. Вимоги до якості і властивостей технічної води	48
4.3. Водооборотні системи охолодження	49
4.3.1. Процеси охолодження води в охолоджувачі	50
4.3.2. Водосховища-охолоджувачі	50
4.3.3. Бризкальні басейни	52
4.3.4. Градирні	52
4.4. Пом'якшення води.....	58
4.4.1. Методи пом'якшення води	58
4.4.2. Реагентне пом'якшення води.....	59
4.4.3. Основи катіонуvalьного пом'якшення води	60
4.4.4. Установки для катіонітного пом'якшення води.....	62
4.5. Основи знесолення води.....	64
4.5.1. Знесолення води дистиляцією	65
4.5.2. Опріснення води.....	66
Контрольні питання до розділу 4	70
5. ТРУБОПРОВОДИ І ТРУБОПРОВІДНА АРМАТУРА	71
5.1 Вимоги до трубопроводів та матеріали труб водопровідних мереж....	71
5.2. З'єднання, окремих ланок труб між собою та з арматурою.....	72
5.3. Особливості прокладання водопровідної мережі	77
5.3.1. Глибина закладання водопровідних труб.....	77
5.3.2. Вимоги до розміщення водогінних трубопроводів у плані.....	77
5.3.3. Переходи водопровідних ліній через річки, дороги і яри.....	78
5.3. Водопровідна арматура	79
5.3.1. Запірно-регулююча арматура	79
5.3.2. Запобіжна арматура	83
5.4. Споруди на водопровідних мережах.....	85

5.4.1 Колодязі	85
5.4.2. Упори.....	86
Контрольні питання до розділу 5	86
6. КАНАЛІЗАЦІЯ І ЇЇ ОСНОВНІ СПОРУДИ	87
6.1. Споруди для прийому і транспортування стічних вод	87
6.1.1. Внутрішні каналізаційні пристрої.....	87
6.1.2. Зовнішня каналізаційна мережа	89
6.2. Визначення кількості та властивостей стічних вод.....	93
6.3. Умови прийому стічних вод у каналізаційні мережі	95
6.4. Методи очищення стічних вод і обробки осаду	96
6.4.1. Очищення стоків	96
6.4.2. Дезінфекція очищених стічних вод.....	99
6.4.3. Методи обробки осаду.....	99
6.5. Дощова каналізація (водостоки).....	100
Контрольні питання до розділу 6	101
7. СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОБУТОВИХ СТОКІВ	102
7.1. Схема станції очистки міських стоків	102
7.2. Локальні очисні споруди.....	104
7.2.1 Найпростіші системи очищення стічних вод.....	104
7.2.2. Біологічне очищення	106
7.2.3. Використання SBR-реакторів	107
7.3. Мембранні біореактори	109
7.3.1. Типи мембран	111
7.3.2. Схема та принцип дії очисних систем із застосуванням МБР	111
Контрольні питання до розділу 7	113
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	114

1. ПЕРЕДМОВА

Вода є критично необхідним ресурсом для життя у будь-яких його формах. Хоча вода покриває більшу частину планети, у багатьох регіонах світу, в основному, в країнах Близького Сходу, існує гостра нестача питної води. Причина такої ситуації полягає в тому, що майже вся земна вода знаходиться в морях і океанах і містить розчинені солі, які роблять її непридатною для пиття. Прісна вода у вигляді озер і річок, підземних вод та крижаних гір, яка тільки й задовольняє більшість потреб людини та тварин, становить лише менше 3 % її загальної кількості на нашій планеті. При цьому, кожні 20 років темпи споживання води подвоюються, значно перевищуючи темпи приросту населення.

У той же час запаси питної води скорочуються. Причиною цього вважаються: нерівномірний розподіл дощової води і посухи; екстремальна експлуатація ресурсів підземних вод та їх недостатнє поповнення; погіршення якості води через скидання побутових та промислових відходів без достатнього очищення. Таким чином, брак прісної води та зниження її якості стають серйозною проблемою у забезпеченні надійного водопостачання населення та промислових підприємств, перешкодою для сталого розвитку суспільства. Потрібні величезні зусилля вчених та інженерів, зокрема екологів, щоб зробити доступними нові водні ресурси, особливо, у регіонах із дефіцитом прісної води.

Важливим елементом збереження кількості та якості прісної води є ефективно вирішення завдань збору та очищення як промислових, так і побутових стоків. Пішов у минуле час, коли більшість міських та багато сільських районів скидали нечистоти прямо на землю або у воду рік. Наразі побутові та промислові стоки через систему колекторів передаються на очисні споруди. Інженери та вчені розробляють системи збирання та очищення цих відходів, перш ніж вони будуть скинуті в навколишнє середовище. Ця область інженерії та наукового дослідження також надає екологам великий простір для роботи.

Метою викладання дисципліни «Інженерні системи водопостачання та водовідведення населених пунктів та підприємств» є знайомство студентів з вимогами різних промислових і побутових споживачів до води, якою вони користуються, технологіями та обладнанням, що дозволяє задовольнити ці вимоги, а також технологіями і обладнанням, призначеним для знешкодження сто-

ків, що утворюються, а також формування навичок розрахунку основних елементів систем водопостачання та водовідведення.

Відповідно до освітньої програми студенти, що навчаються за напрямком 101 «Екологія» та прослухали курс «Інженерні системи водопостачання та водовідведення населених пунктів та підприємств» набудуть здатність до вирішення комплексу інженерних задач, які пов'язані з проектуванням та експлуатацією систем водопостачання та водовідведення населених місць, житлових і промислових об'єктів. Результатами навчання будуть практичні вміння використання методики розрахунку норм водовідведення та водопостачання промислових підприємств і проектування інженерних систем водопостачання та водовідведення населених пунктів та підприємств.

Дисципліни, які стосуються систем водопостачання та водовідведення населених пунктів та підприємств під різними назвами вже багато років викладаються в більшості вишів інженерного спрямування. На цей час накопичена велика кількість учбових посібників та підручників, де у різних аспектах розглядаються питання забезпечення водою та знешкодження побутових та промислових відходів. Нажаль, студентам, особливо заочного навчання, буває нелегко розібратися у цьому різноманітті літератури, визначити головне та сконцентрувати ту інформацію, що стосується саме їх спрямування. Цей конспект лекцій і має на меті полегшити цю роботу та у стислому і доступному вигляді надати необхідні знання для студентів денного та заочного навчання, що спеціалізуються за напрямком 101 – Екологія.

2. ЯКОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНОЇ ВОДИ

2.1. Загальна характеристика природних вод

У природних умовах вода не зустрічається в хімічно чистому стані. У процесі кругообігу в природі вода, стикаючись з повітрям, ґрунтом, осадовими і виверженими породами, насичується різними домішками, розчинними і нерозчинними речовинами. Одночасно в ній можуть з'являтися рослинні і тваринні організми, а також продукти їх розкладання.

Склад і концентрація домішок у воді (поверхневій та підземній) в різних точках земної поверхні різні. Можна вважати, що води, які течуть по поверхні в більшості мало мінералізовані, не містять зважених мінеральних та органічних домішок. У сольовому складі поверхневих вод частка карбонатів становить 80 %, сульфатів 13 % і хлоридів 7 %, а морських вод – хлоридів 89 %, сульфатів 10 % і карбонатів 0,2 %.

Підземні води відрізняються від поверхневих вищою мінералізацією, відсутністю зважених речовин (мінеральних і органічних), постійною температурою (в межах 5-12 °С, у багатьох випадках наявністю розчинених газів).

Вода має деяку якість і певні властивості. Під якістю води розуміється сукупність фізичних, хімічних і бактеріологічних показників, які обумовлюють її властивість і придатність для використання в промисловому виробництві, побуті тощо. Під властивостями води слід розуміти відмінні риси, які виявляються при певній її якості і зовнішніх умовах. Наприклад, утворювати сольові відкладення, викликати корозію металу і т. п.

2.2. Фізичні властивості води

Густина чистої води є максимальною при 4 °С і становить 1000 кг/м³. За умов, як підвищення, так і пониження температури густина води зменшується. Так, наприклад при 35 °С і атмосферному тиску густина води дорівнює 999 кг/м³. Зі збільшенням концентрації домішок густина води зростає. Морська вода з концентрацією солей 35 кг/м³ має середню густину 1028 кг/м³ при 0 °С. Зміна вмісту солі на 1 кг/м³ змінює густину на 0,8 кг/м³.

В'язкість води з підвищенням температури зменшується. Так при атмосферному тиску і температурі 0 °С динамічна в'язкість води становить $1,797 \cdot 10^{-3}$ Па·с, при 10 °С – $1,301 \cdot 10^{-3}$ Па·с, а при 20 °С – $1,007 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Зі збільшенням вмісту солі в'язкість води підвищується.

Поверхневий натяг води при 18 °С становить 73 мН, при 100 °С – 52,5 мН/м. Теплоємність води при 0 °С становить 4180 Дж/(кг °С), а при 35 °С досягає мінімуму. Теплота плавлення при переході льоду в рідкий стан становить 330 кДж/кг, теплота пароутворення дорівнює 2250 кДж/кг при атмосферному тиску і температурі 100 °С.

Електропровідність. Хімічно чиста вода – слабкий провідник електричного струму: питома електрична провідність при 18 °С дорівнює $4,9 \cdot 10^{-6}$ см/м або $(4,41 \cdot 10^{-8} \text{ (Ом·см)})^{-1}$; діелектрична постійна дорівнює 80.

2.3. Класифікація забруднень води

Вода містить цілий ряд різноманітних домішок як органічного, так і неорганічного складу. Класифікація забруднень води за їх агрегатним станом і розміром (по дисперсності) включає чотири групи. В першу з них входять тверді речовини. Перша група поділяється на 2 підгрупи.

- У *першу з підгруп* входять суспензії досить великих часток. До складу великих суспензій входять частинки погано розчинних глин, пісок, планктон, карбонатні породи, нерозчинні гідроксиди металів та ін. Такі суспензії нестійкі і легко розшаровуються.
- До складу *другої підгрупи* входять: тонкі суспензії (наприклад, суспензії глини в воді), емульсії (нафта у воді), піни, а також бактерії (в тому числі хвороботворні). Ці суспензії більш стійкі і їх важче розділяти в порівнянні з першою підгрупою.

До складу *другої групи* входять колоїдні і високомолекулярні сполуки. До них відносяться: мінерали гумусових речовин,

У *третю групу* входять розчинені у воді гази і органічні сполуки, як біологічного походження, наприклад, гумінові і фульвокислоти, так і промислового походження (феноли та ін.). Ці речовини надають воді присмак та запахи, іноді забарвлення. Деякі з них можуть бути токсичними.

Четверта група об'єднує речовини, що диссоціюють у воді на іони (електроліти). До них відносяться солі (в тому числі солі жорсткості), основи і кислоти, які присутні у всіх водах.

2.4. Якісні показники води

2.4.1. Вміст зважених речовин. Каламутність

Кількісний вміст зважених речовин у воді може бути визначений або безпосередньо ваговим способом, або непрямим способом, а саме визначенням каламутності (або прозорості) води.

Каламутність води обумовлюється наявністю в ній різного роду механічних домішок, що знаходяться в підвішеному стані: частинок піску, глини, мулистих часток органічного походження і т. ін. Каламутність зазвичай властива воді поверхневих джерел і головним чином річок. Вона залежить від характеру ґрунту дна і берегів річок, а також від швидкості течії води. Каламутність води визначають спеціальним приладом – нефелометром.

Багато виробничих споживачів можуть використовувати воду з вмістом зважених речовин вищими порівняно з тим, що допускаються для питної води. Найбільш поширеним прикладом промислового використання каламутної води є охолодження технологічного обладнання. Допустимий вміст твердих речовин в охолоджуючій воді залежить від типу апаратури. Однак є багато виробничих споживачів де використання каламутної води є небажаним.

2.4.2. Кольоровість

Жовтуватий, коричневий або жовто-зелений відтінки води природних джерел пояснюються головним чином присутністю в воді гумусових і дубильних речовин, органічних сполук, сполук заліза, «цвітінням» водоєм, тощо.

2.4.3. Запахи і присмаки води

Наявність запахів і присмаків у води природних джерел обумовлюється присутністю в ній розчинених газів, різних мінеральних солей, а також органічних речовин і мікроорганізмів. Запах і присмак мають болотні і торф'яні води, а також води, що містять сірководень; в ряді випадків запах обумовлюється присутністю у воді живих або гниючих після відмирання водоростей. Неприємний запах має вода після хлорування при наявності в ній деякої кількості залишкового хлору. Інтенсивність запаху, як правило, збільшується із підвищенням температури води. Присмак солонуватий і гірко-солонуватий часто мають сильно мінералізовані води підземних джерел.

Для кількісної оцінки запаху і присмаку води застосовують зазвичай умовну п'ятибальну шкалу. Слід, однак, відзначити, що ця оцінка значною мірою суб'єктивна, так як залежить від індивідуальної сприйнятливості дослідника.

У більшості випадків при використанні води для виробничих цілей запах і смак води самі по собі не істотні. Однак наявність їх може вказувати на присутність у воді небажаних домішок.

2.4.4. Температура води

Температура води поверхневих джерел коливається протягом року в досить широких межах (від близько до нуля до 25 °С, а іноді і вище). Води підземні, особливо артезіанські, мають майже постійну температуру протягом року.

Для питних цілей найбільш бажане використання води температурою 7 - 120 °С. Вода з температурою понад 100 °С може існувати лише в термальних джерелах на великій глибині. При підйомі на поверхню така вода закипає і її температура падає до 100 °С.

Для ряду виробничих споживачів температура води джерела має велике значення. Так, низька температура вельми бажана для води, що йде на охолодження або на конденсацію пара, так як вона дозволяє зменшити кількість води, що витрачається.

2.4.5. Розчинені у воді гази

Кисень, вуглекислота, сірководень, метан і азот мають значення для оцінки якості води. Так, вуглекислота, сірководень, кисень надають воді при певних умовах корозійні властивості по відношенню до металів і бетонів.

Сірководень в природних водах зустрічається органічного (продукт розпаду органічних сполук) і неорганічного (розчинення мінеральних солей – сірчаного колчедану, гіпсу і т. ін.) походження.

Присутність сірководню у поверхневих водах зустрічається в придонних шарах в незначних кількостях. У підземних водах вона спостерігається у концентрації до декількох десятків г/м³. Присутність сірководню у воді надає їй неприємний запах, сприяє корозії металу і може викликати заростання трубопроводів в результаті інтенсивного розвитку сіркобактерій. Сірководень в залежності від рН води може бути присутнім у вигляді слабо дісоційованої кислоти – H₂S, гідросульфідних – HS⁻ або сульфідних – S²⁻ іонів.

Кисень потрапляє в воду при її контакті з повітрям. Артезіанські (підземні) води кисню не містять, а в поверхневих його концентрації досить великі. У поверхневих водах вміст кисню менше теоретичного за рахунок різних організмів, бродіння, гниття органічних залишків і т. ін. Різке зниження вмісту кисню в воді вказує на її забруднення.

Розчинений у воді кисень інтенсифікує корозію металів, тому в живильній воді теплоенергетичних установок вміст кисню обмежений.

Азот в природні води проникає з повітря, при розкладанні органічних залишків, а також при відновленні сполук азоту денітрофікуючими бактеріями. Утворений у воді в процесі гниття рослин аміак істотно впливає на технологію хлорування води.

Метан присутній в природних водах, що використовуються у водопостачанні, як правило знаходиться в незначній концентрації. Однак в болотних водах, де протікають процеси розкладання клітковини рослинних залишків, а також в підземних водах газонафтоносних районів, вміст метану досягає 30 г/м³ і більше.

2.4.6. Гідробіонти

Гідробіонти, що населяють природні води, в процесі життєдіяльності впливають не тільки на склад навколишнього водного середовища, а й на якість води. Їх поділяють на:

- *планктон* – мешканці, які перебувають в товщі води від дна до поверхні; серед них розрізняють плаваючі, пасивно ширяючі і напівпідводні (плейтон) організми; зважені у воді залишки їх органічного та неорганічного походження називають детритом;
- *бентос* – мешканці, що знаходяться на дні водойми; серед них зустрічаються рухомо або нерухомо прикріплені, вільно лежачі і плазуючі по дну організми, а також такі, що свердлять дно – закопуваючі;
- *нейстон* – організми, які населяють поверхневу плівку води і адаптувалися до життя в специфічних умовах її поверхневого натягу;
- *пагон* – організми (молюски, ракоподібні, коловертки і ін.), які перебувають взимку в товщі льоду в стані анабіозу, оживають навесні і перебувають серед бентоса або планктону.

На процеси формування і самоочищення води значно впливають гідробіонти, так як багато з них (зоопланктон і зообентос) використовують розчинені органічні речовини, деякі тваринні-фільтратори вживають для харчування бактерії, водорості і т.п.

Гідрофлора водойм визначається макро- і мікрофітами. До перших належить вища водна рослинність, а до других – водорості (фітопланктон і фітобентос). В результаті фотосинтезу збільшується вміст розчиненого у воді кисню і знижується концентрація в ній вільної вуглекислоти, спостерігається зниження БСК і вмісту амонійних солей, одночасно спостерігається зростання концентрації нітритів, нітратів і окиснюваності. При відмиранні і розкладанні мікрофітов вода збагачується органічними речовинами, з'являються речовини із запахами. Останні погіршують органолептичні показники якості води.

Мікрофіти підрозділяються на зелені, синьо-зелені, еугленові, діатомові і ін. Вони не тільки поглинають вуглекислоту, кисень, а синьо-зелені азот (зокрема у вигляді аміаку), але і продукують кисень. Наявність в колоніях водоростей газових вакуолій дозволяє їм перебувати в верхніх шарах води. На глибині понад 15 м інтенсивного розвитку мікрофітів не спостерігається через низьку температуру води, відсутність світла, збільшення гідростатичного тиску і поховання в донних відкладеннях біогенних елементів. Масовий розвиток мікрофітів в теплу пору року, цвітіння води, вносить в технологію поліпшення її якості значні труднощі, тому що виникає необхідність в її дезодорації і видаленні планктону.

Бактерії і віруси з числа патогенних, тобто паразитів, що живуть на живому субстраті, який розвивається у воді, можуть викликати захворювання на черевний тиф, паратиф, дизентерію, бруцельоз, інфекційним гепатитом, гострим гастроентеритом, сибірською виразкою, холерою, поліомієлітом, туляремією, кон'юнктивітом і т.д.

Цікаво відзначити, що бацили в несприятливих життєвих умовах утворюють спори, які можуть зберігатися в життєздатному стані протягом сотень років. При потраплянні в сприятливі умови спори проростають, і бактерії починають знову розмножуватися.

У зв'язку з тим, що при біологічному аналізі води визначення патогенних бактерій утруднено, бактеріологічні визначення зводяться до знаходження загального числа бактерій, що ростуть при 37 °С, в 1 мл води і, окремо – кишкової палички (бактерії коли) також в 1 мл води. Наявність останньої має індикаторні функції, тобто свідчить про забруднення води виділеннями людей і тварин і т.п. Мінімальний об'єм води (мл), що припадає на одну кишкову паличку, називають колітитром, а кількість кишкових паличок в 1 л води – колііндексом. Допускається колііндекс до 3, колітитр не менше 300, а загальна кількість бактерій в 1 мл – до 100.

Віруси – найдрібніші живі істоти розміром 16 – 30 мкм, видимі тільки під електронним мікроскопом. На відміну від бактерій вони не мають кліткової структури, а складаються з нуклеїнової кислоти, покритої білковою оболонкою. Вони мають шаро- і кубоподібну форму, а також форму прямих і вигнутих паличок. Віруси є внутрішньоклітинними паразитами. Серед них зустрічаються бактеріофаги, які паразитують в клітинах бактерій і викликають їх руйнування і загибель.

2.4.7. Хімічні показники якості води

Хімічні показники характеризуються іонами, що входять до складу основної частини природних вод. Це катіони – Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ і в невеликих кількостях можуть бути Fe^{2+} і Fe^{3+} , а також Al^{3+} та аніони – HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} . Крім того, в природній воді присутні, в тій чи іншій кількості, розчинені гази – O_2 , CO_2 і іноді SO_2 . У забруднених водах крім перерахованих знаходяться іони NO_2^- , NO_3^- , S^{2-} , PO_4^{3-} , а також в тих чи інших концентраціях Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} і ін.

Концентрації іонів у воді різних джерел не однакові. Різноманітність хімічного складу і концентрації іонів в природних водах класифікується у нас в країні за принципом, поділу їх за переважним аніоном і катіоном.

Всі природні води ділять по аніону, що має найбільшу концентрацію еквівалентів, на 3 класи: гідрокарбонатних та карбонатних (HCO_3^- , + CO_3^{2-}), сульфатних (SO_4^{2-}) і хлоридних, (Cl^-) вод.

Поверхневі води здебільшого мають гідрокарбонатно-кальцієвий склад, тобто серед аніонів в них переважає HCO_3^- , а серед катіонів Ca^{2+} . Поява іона HCO_3^- в воді прямо або побічно пов'язане із розчиненням CO_2 з атмосфери, диханням водних організмів, розкладанням мертвих залишків рослин і тварин, ґрунтоутворенням на берегах і ін.).

Слід мати на увазі, що хімічні речовини мігрують в водах у вигляді іонів, недиссоційованих молекул або колоїдних частинок. За інтенсивністю міграції елементи діляться на дуже рухливі (наприклад, аніони сірки, хлору та ін.), рухливі та слабкорухливі катіони (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , P^{5+} та ін.). Нижче наведено хімічні показники якості води.

Активна реакція (pH) або ступінь кислотності або лужності кількісно характеризується концентрацією іонів водню. Точніше водневим показником pH, який дорівнює модулю логарифму мольної концентрації іону водню у воді.

Більшість природних вод має величину pH в межах 6,5 – 8,5 (тобто слабо лужні). Величина pH поверхневих вод в зв'язку з меншим вмістом в них CO_2 , зазвичай більше, ніж величиною pH підземних вод.

Крім CO_2 на величину pH природних вод може впливати наявність органічних гумінів і танінових кислот (в болотних водах), а також кислі стічні води.

Загальна лужність характеризується наявністю, головним чином, гідрокарбонатних іонів (HCO_3^-) і карбонатних іонів (CO_3^{2-}). У стічних водах вона може залежати, крім того, від присутності гідроксильних іонів OH^- . Загальна лужність води обумовлюється широким діапазоном складових:

Хлоридний іон (аніон) Cl^- міститься майже у всіх водах; частково це пояснюється хорошою розчинністю хлоридних солей. Вміст його змінюється в широких межах.

Сульфатний іон SO_4^{2-} поширений, як і іон Cl^- , хоча б в малих кількостях, повсюдно. У сильно мінералізованих водах його менше, ніж Cl^- , в слабомінералізованих – зазвичай більше.

Загальний солевміст є сумою всіх розчинених у воді речовин, які визна-

чають випарюванням профільтрованої проби, висушуванням при 105 °С отриманого залишку (сухий залишок) до постійної ваги і його зважуванням. Сухий залишок характеризує вміст мінеральних і частково органічних домішок (солей), температура кипіння яких помітно перевищує 105 °С, нелетких з водяною парою і таких, що не розкладаються при вказаній температурі.

У воді джерела, використововуваного для господарсько-питних цілей, сухий залишок не повинен перевищувати 1000 мг/дм³ і в особливих випадках 1500 мг/дм³.

Величина сухого залишку нормується також у воді, що надходить для живлення парових котлів і використововуваної в ряді виробництв (синтетичного каучуку, штучного волокна, кіноплівки та ін.).

Окиснюваність води – кількість кисню в мг/дм³, еквівалентну витраті окиснювача, необхідного для окислення домішок в даному об'ємі обумовлюється присутністю органічних і деяких неорганічних домішок легкоокиснюваних таких, як двовалентне залізо, сульфіти, сірководень і ін.

Різка підвищення окиснюваності води свідчить про її забруднення стічними водами, тому за величиною окиснюваності природної води можна судити про її гігієнічної характеристиці. Для питної води окиснюваність не лімітуються, але вона обмежується для живильної води котлів, так як викликає її спінювання, обмежується для охолоджуючої води через можливе біобростання труб і апаратури, лімітується для води, що використовується при виготовленні синтетичних волокон і пластмас і т. ін.

Контрольні питання до розділу 2

1. Наведіть загальну характеристику природних вод.
2. Які солі жорсткості зустрічаються у воді з природних джерел?
3. Мінералізація яких вод є вищою: поверхневих, чи підземних?
4. Наведіть фізичні властивості води.
5. Надайте класифікацію забруднень води.
6. Що розуміють під якістю води?
7. Наведіть якісні показники води.
8. Перерахуйте основні фізичні властивості води.
9. Що таке загальна лужність?
10. Наведіть хімічні показники якості.
11. Що таке мікрофіти?
12. Надайте класифікацію гідробіонтів.
13. Які гази розчинені у воді?

3. СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ЇЇ ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ

Система водопостачання являє собою комплекс споруд для забезпечення певної групи споживачів даного об'єкту водою в необхідній кількості і визначеній якості.

Крім того, система водопостачання повинна мати певний ступінь надійності.

Система водопостачання повинна забезпечувати отримання води з природних джерел, її очищення, якщо це викликається вимогами споживачів, і подачу до місць споживання. Для виконання цих завдань служать наступні споруди, що входять зазвичай до складу системи водопостачання:

- водоприймальні споруди, за допомогою яких здійснюється прийом води з природних джерел,
- водопідйомні споруди, тобто насосні станції, що подають воду до місць її очищення, зберігання або споживання,
- споруди для очищення води,
- водоводи і водогінні мережі, що служать для транспортування і подачі води до місць її споживання,
- башти та резервуари, які відіграють роль регулюючих і запасних ємностей в системі водопостачання

3.1. Система водопостачання

3.1.1. Система водопостачання з поверхневих джерел

Джерело та схема водопостачання визначаються в залежності від необхідного обсягу водоспоживання об'єкту і наявності природних джерел, які можливо використати.

На рис. 3.1 для прикладу наведено типову схему системи водопостачання населеного пункту з поверхневого джерела. При використанні поверхневих вод застосовують водоприймальні споруди 1 різних типів та конструкцій, що представляють собою іноді вельми складні гідротехнічні споруди. Для захоплення джерел (забору води з її природних виходів на поверхню) – застосовують різні каптажні споруди.

Що стосується систем водопідготовки 3 (водоочистки), то застосування тих чи інших методів технологій та обладнання визначаються шляхом зіставлення якості води даного джерела і вимог, що пред'являються до неї споживачами. У ряді випадків система водопідготовки буває непотрібною. Так є становище, наприклад, виникає при використанні для водопроводів населених місць артезіанських або дуже чистих джерельних вод. На ряді промислових підприємств (зокрема, для охолодження агрегатів) також без очищення можуть бути використані води поверхневих водойм.

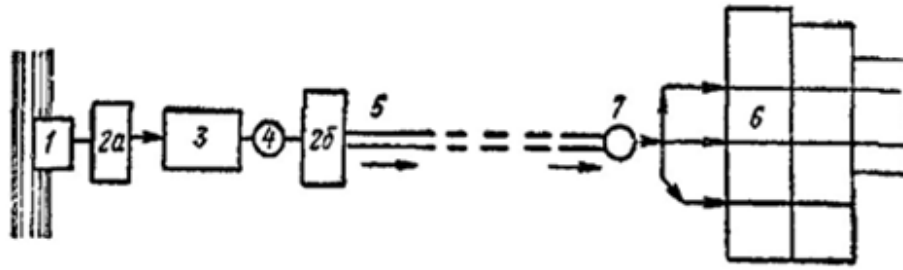


Рисунок 3.1 – Схема взаємного розташування основних споруд системи водопостачання:
1 – водозабір; 2 а – насосна станція першого підйому; 2 б – насосна станція другого підйому;
3 – станція водопідготовки (очищення води); 4 – регулюючо-запасна ємність; 5 – магістральний водогін; 6 – мережа місцевого водопроводу; 7 – регулюючо-запасна водонапірна башта

3.1.2. Система постачання питної води з підземних джерел

Якщо очищення води не потрібно, система водопостачання сильно спрощується. Відпадає необхідність не тільки в очисних спорудах, але часто і в пов'язаних з ними резервуарах і насосах другого підйому.

При використанні підземних вод водоприймальні споруди виконують у вигляді колодязів (шахтних або бурових), водозбірних галерей. Подібна система для випадку постачання міста артезіанськими водами представлена на рис. 3.2.

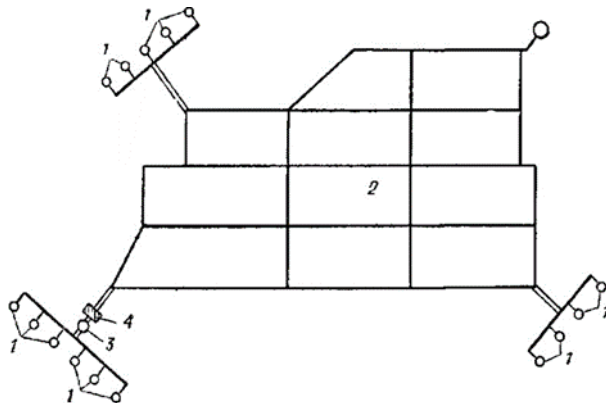


Рисунок 3.2 – Система водопостачання за умови використання артезіанських вод:

1 – бурові колодязі; 2 – місцева водогінна мережа; 3 – колодязь регулюючо-запасна ємність; 4 – насосна станція другого підйому; 5 – регулююча водонапірна башта

Тут артезіанські свердловини (бурові колодязі) 1 розташовані окремими групами.

Насоси розміщуються у самих колодязях і можуть подавати воду безпосередньо в мережу 2. Іноді і в такій системі водопостачання вода зі свердловин подається спочатку в

збірний резервуар 3, який служить регулюючою і запасною ємністю, і звідти перекачується насосами станції другого підйому 4 в мережу 2.

Рельєф місцевості також впливає на схему водопостачання. У гірських місцевостях джерела водопостачання (озера, водосховища, джерела) можуть перебувати на відмітках, які значно перевищують позначки території яке забезпечується об'єкта. В цьому випадку воду можна подавати до місць споживання самопливом, і насосні станції стають непотрібними.

3.1.3. Призначення і робота регулюючих та запасних ємностей

Якщо насоси подають кількість води, що дорівнює Q_n , а місто споживає кількість води, що дорівнює Q , то різниця $Q_n - Q$ надходить у цей час у башту (наприклад, від 4 до 6 рік). У години, коли споживання перевищує подачу (наприклад, від 7 до 12 год), брак води, що дорівнює $Q - Q_n$, подається в башту.

Таким чином, водонапірна башта компенсує розбіжність режимів подачі і споживання води в окремі години доби, акумулюючи надлишок води, що подається в одну годину і заповнюючи недостачу води в інші години.

У деяких виробничих водопроводах споживання води протягом доби відбувається настільки поступово, що напірно-регулюючі ємностей взагалі не потрібні. При використанні відцентрових насосів при будь-якому графіку водоспоживання насос може подавати воду в мережу, яка не має акумулюючих ємностей (веж або резервуарів).

Однак використання безбашенних систем виявляється економічним тільки при відносно невеликих значеннях нерівномірності витрати води. В іншому випадку в безбашенних системах зростає вартість енергії в зв'язку з необхідністю подавати воду при завищеному в порівнянні з необхідним напорі.

Як видно з рис. 3.1. регулююче-запасна ємність 4 є і перед насосами другого підйому. Вона призначена для забезпечення рівномірної роботи насосів першого підйому та станції водопідготовки підчас змін подачі води до міста насосами другого підйому. Підчас роботи зі зниженою подачею (на рис. 3.3. з 0 до 4 год.) ємність 4 наповнюється, а в денний час, коли подача води у місто більшою, ніж виробляють очистні споруди воду з неї відбирають для компенсації недостачі. Також в ємності 4 зберігається деякий запас води для забезпечення міста на час ймовірних аврій, або планових зупинок обладнання очистних споруд.

3.2. Споруди для прийому води з поверхневих джерел

До поверхневих джерел, що використовуються з метою водопостачання, відносяться річки (в природному або зарегульованому стані), озера і в окремих випадках моря.

У практиці водопостачання найбільш часто використовуваними поверхневими джерелами є річки. На вибір типу річкових водоприймачів впливають: амплітуда коливань рівня води, льодові умови, топографія берега і дна річки в місці водозабору, характер ґрунтів і ін. Різноманітність цих умов в поєднанні з різними кількостями води, яка забирається, обумовлює і досить велике різноманіття типів і конструкцій водоприймальних споруд.

3.2.1. Вибір місця розташування водоприймача

Відповідальним завданням є вибір місця розташування водоприймача, яке повинно відповідати таким основним вимогам:

- забезпечувати можливість застосування найбільш простого і дешевого способу забору води з джерела;
- гарантувати безперебійність отримання необхідної кількості води;

- забезпечувати прийом можливо більш чистої води;
- перебувати якомога ближче до об'єкту, що забезпечується водою (для зменшення вартості водоводів і подачі води).

Річкові водоприймачі повинні розташовуватися за течією вище місць скидання в річку стічних вод, а також місць виходів ярів. Особливо суворі вимоги пред'являються до місць розташування водоприймачів систем водопостачання населених місць. Місце розташування таких водоприймачів має бути погоджено з органами санітарного нагляду і має забезпечувати можливість організації зони санітарної охорони.

Розташовувати водоприймач слід в місцях, де необхідна для забору води належної якості глибина знаходиться відносно близько до берега. Найбільш сприятливі в цьому сенсі увігнуті берега річки, де до того ж не відбувається відкладення наносів. При наявності поблизу берега глибин, що забезпечують необхідні умови забору води, і при відносно крутому березі влаштовують водоприймачі берегового типу. Їх розташовують на схилі берега з прийомом води безпосередньо з русла річки.

3.2.2. Типи водоприймачів

Якщо необхідні для прийому води глибини можуть бути знайдені тільки на значній відстані від берега використовуються водоприймачі руслового типу. У місці забору води з річки в її руслі влаштовується приймальний оголовок; від нього вода подається по трубах до берегового колодязя. При цьому, як і у водоприймачів берегового типу, насосна станція може бути влаштована окремо або конструктивно об'єднана з береговим колодязем.

У ряді випадків для поліпшення умов прийому води її забирають не безпосередньо з русла річки, а зі штучно створених заток – ковшів. Влаштування ковшів дозволяє знизити кількість завислих частинок у воді, що забирається насосами, а також успішно боротися з льодом і шугою.

У тих випадках, коли річкова вода сильно забруднена, знаходять застосування водоприймачі інфільтраційного типу, які забирають річкову воду, що профільтровується крізь ґрунт дна і берега річки.

В умовах, коли рівень води у річці не зарегульован та коливається у великих межах, застосовують пересувні водоприймачі, що суміщені з насосною установкою. Рівень (відмітка) їх розташування може змінюватися. Ці водоприймачі дозволяють завжди здійснювати забір води при малій і постійній висоті всмоктування. Їх влаштовують плавучими або фунікулерного типу.

3.2.3. Річкові водоприймачі берегового типу

Роздільний водоприймач (водоприймальний колодязь та насосна станція розташовані окремо) берегового типу (рис. 3.3) являє собою колодязь 1, зазвичай залізобетонний, передня стінка якого виходить безпосередньо в русло річки. Вода надходить в водоприймач через вхідні вікна 2, розташовані в передній стінці колодязя, і забирається насосами через всмоктувальний трубопровід 3.

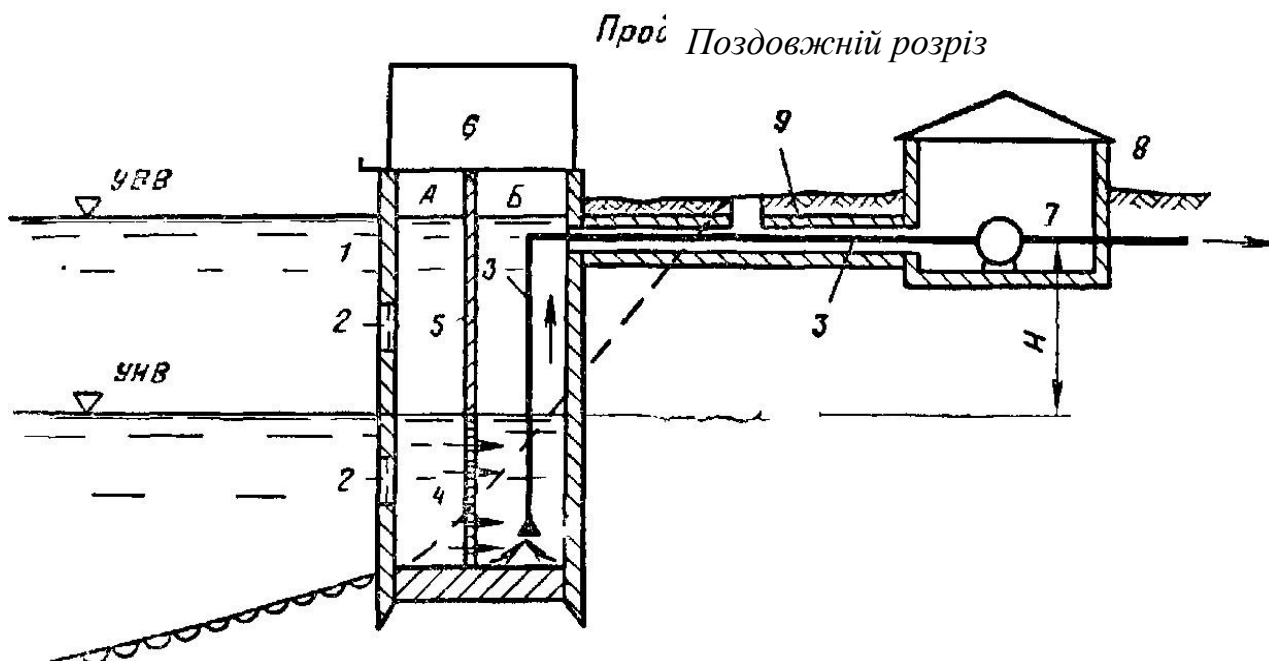


Рисунок 3.3 – Роздільний водоприймач берегового типу:

1 – колодязь; 2 – входні вікна; 3 – всмоктувальний трубопровід; 4 – захисна сітка; 5 – перегородка; 6 – службовий павільйон; 7 – насоси першого підйому; 8 – насосна станція; 9 – трубопровідний тунель; *УРВ* та *УНВ* – рівень води верхній та нижній, відповідно; *А, Б* – переднє (приймальне) і заднє (всмоктувальне) відділення, відповідно; *Н* – висота всмоктування

Зазвичай в річкових водоприймачах здійснюється попередня груба механічна очистка води. З цією метою входні вікна забезпечуються ґратами, що запобігають занесення всередину водоприймача великих предметів. Крім того, на шляху від входних вікон до всмоктуючих труб вода проходить через сітки 4, встановлені в перегородці 5, що розділяє водоприймальний колодязь на два відділення: переднє (приймальне) *А* і заднє (всмоктувальне) *Б*. На сітках затримується значна частина забруднень, що містяться в воді: планктон, водорості, дрібне сміття і т. і. Подібна механічна очистка води значно полегшує роботу споруд для освітлення води та запобігає можливому засміченню труб і насосів.

Над водоприймальним колодязем влаштовується службовий павільйон 6, з якого здійснюються управління арматурою і механізмом очищення сіток, а також інші операції, пов'язані з експлуатацією водоприймальних споруд.

Вода, що пройшла через сітки, забирається насосами 7 через всмоктувальні труби 3. Влаштування насосної станції в окремій будівлі 8 може бути обумовлено геологічними умовами, характером рельєфу берега і ступенем його затоплення паводковими водами.

З метою забезпечення більшої надійності і поліпшення умов експлуатації споруди рекомендується встановлювати насоси під заливом, тобто нижче мінімального розрахункового рівня води в річці.

Будівля насосної станції у такому випадку може примикати до водоприймального колодязя або бути конструктивно повністю об'єднана з водоприймачем. Зовнішній вигляд такої системи наведено на рис. 3.4.

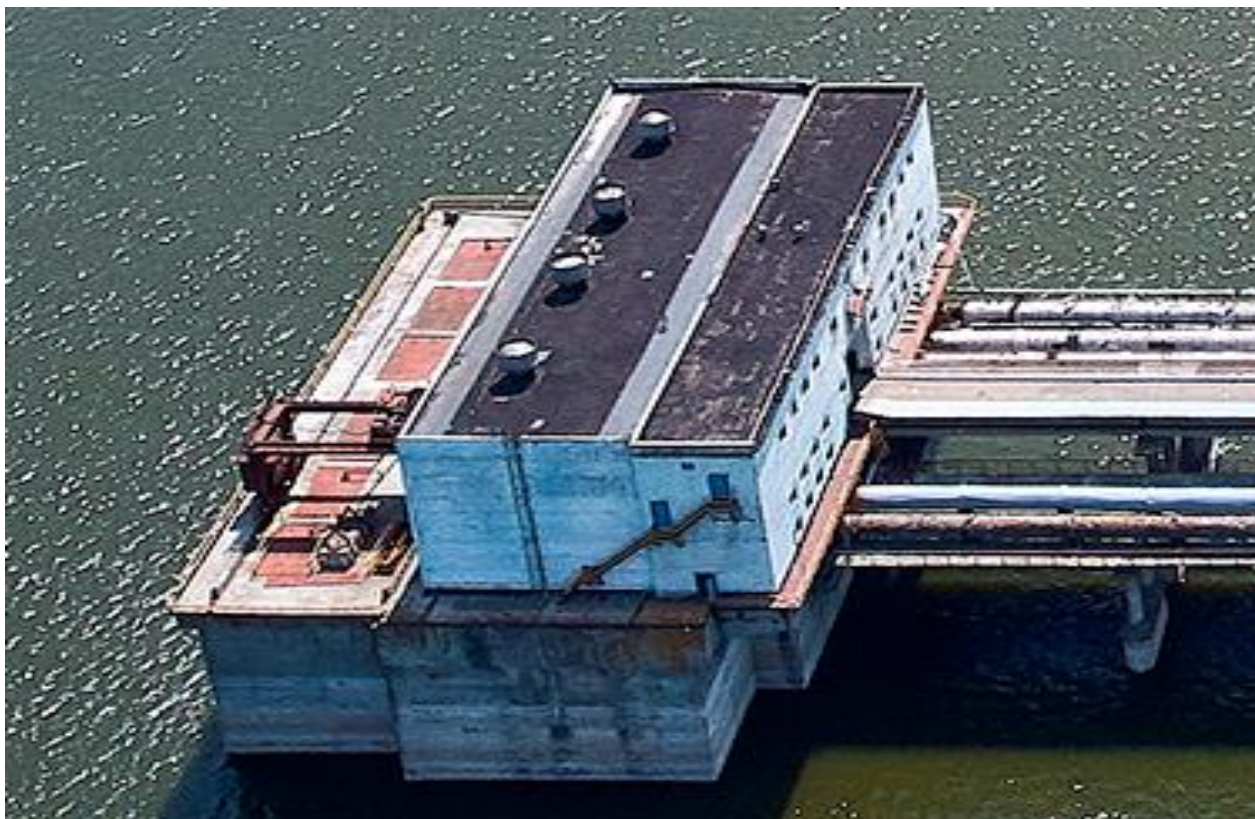


Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд водоприймача, об'єднаного з насосною станцією

3.2.4. Споруди для прийому води з підземних джерел

Конструкції і побудова трубчастих колодязів. Трубчасті бурові колодязі влаштовують шляхом буріння в землі вертикальних циліндричних каналів – свердловин. У більшості порід стінки свердловин доводиться зміцнювати обсадними сталевими трубами, які утворюють трубчастий колодязь. В межах водоносного пласта для можливості прийому води з ґрунту колодязь обладнують спеціальними фільтрами.

Трубчасті колодязі рис. 3.5 застосовують зазвичай при порівняно глибокому заляганні водоносних пластів і значної їх потужності. Трубчасті колодязі можуть використовуватися для прийому як безнапірних (рис. 3.5 а і б), так і напірних (рис. 3.5 в і г) підземних вод. І в тому і в іншому випадку вони можуть бути доведені до підстилаючого водотривкого пласта – «досконалі колодязі» (рис. 3.6, а та в) або закінчуватися у товщі водоносного пласта – «недосконалі колодязі» (рис. 3.6 б та г).

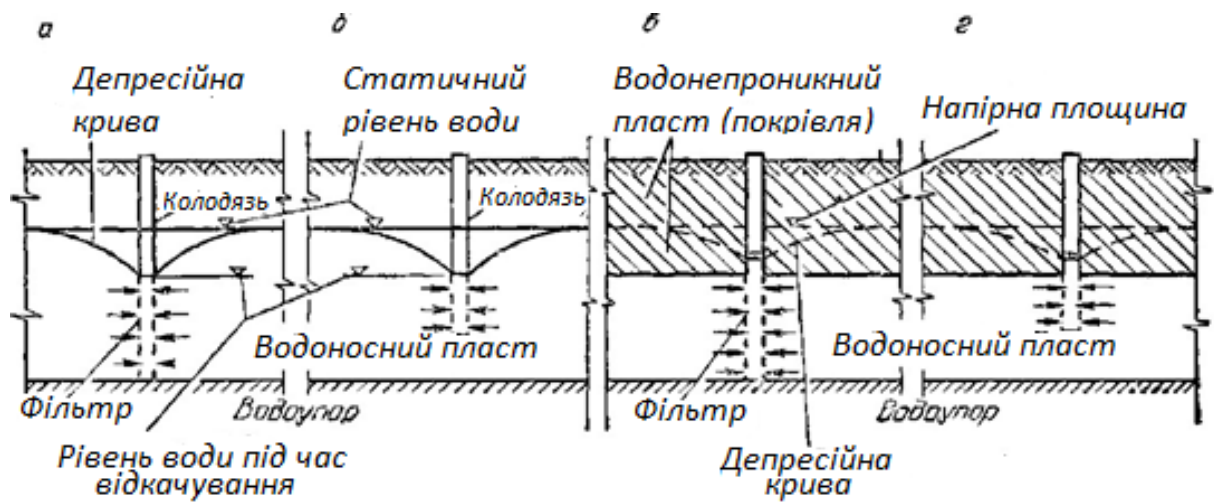


Рисунок 3.5 – Конструкції трубчастих колодязів

Зазвичай для централізованих систем водопостачання влаштовують кілька трубчастих колодязів, об'єднаних в групу водозбірних споруд. Склад і схема цих споруд залежать в основному від методу вилучення води з колодязів, який в свою чергу залежить від глибини розташування рівня води по відношенню до поверхні землі.

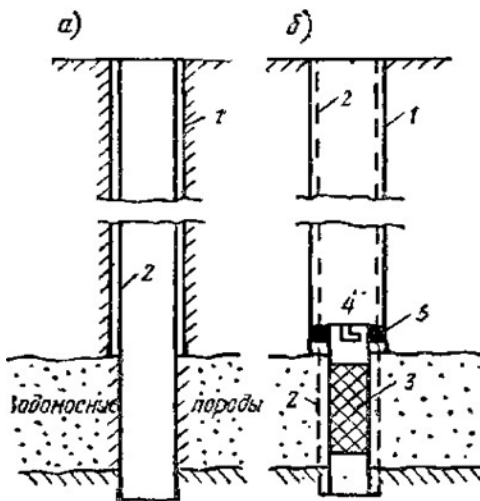


Рисунок 3.6 – Схема бурового колодязю:

1 – обсадна труба; 2 – водопідйомна труба; 3 – фільтр; 4 – замок фільтру; 5 – ущільнювальний

На рис. 3.6 показана схема побудови найпростішого бурового колодязя. Стінки свердловини, що утворилася в результаті буріння, закріплюють опускаючи в нього сталеву обсадну трубу 1. Цю трубу опускають приблизно до верхньої межі залягання водонесних порід. У більшості випадків це породи насичені водою піски, піщано-гравійні або скельні тріщинуваті породи.

В обсадну трубу 1 опускають трубу 2 меншого діаметру, яку доводять зазвичай, до нижньої межі залягання водонесних порід, дещо заглиблюючи у підстиляючі водонепроникні породи (рис. 3.6 а). Потім в трубу 2 опускають фільтр 3 (рис. 3.6 б), що представляє собою трубу з перфорованою частиною, що призначена для захисту колодязя від занесення в нього разом з водою частинок ґрунту

з водонесного шару.

Фільтр, діаметр якого повинен бути менше внутрішнього діаметра труби 2, опускається до неї за допомогою штанг і спеціальних замків 4 в його верхній частині. Після установки фільтру трубу 2 видаляють з свердловини, а кільцевий простір між стінками фільтрової труби і обсадної труби ущільнюють шляхом влаштування сальника 5. Після вилучення зі свердловини труби 2 колодязь приймає вигляд, показаний на рис. 3.6 б.

У деяких випадках з метою захисту колодязя від проникнення в нього забруднених поверхневих та ґрунтових вод в результаті корозії зовнішньої труби другу з обсадних труб не обрізають, заповнюючи простір між першою і другою трубою цементним розчином.



Рисунок 3.7 – Побудова бурового колодязю (позначення див. рис. 3.6)

Така конструкція бурового колодязя показана на рис. 3.7. Зовнішня обсадна труба 1 та внутрішня труба 3, по якій вода піднімається на поверхню, захищають глибокі водоносні шари (на рис. 3.7 водоносного вапняку) від проникнення забруднених поверхневих та ґрунтових вод (на рис. 3.8 це водоносний пісок) поз 2 та 4.

У готовому буровому колодязі зазвичай розрізняють водоприймальну частину (фільтр), стовбур, тобто глуху частину свердловини, по якій піднімається вода, і гирло – відповідним чином обладнану вихідну частину. Гирло зазвичай розташовується в спеціальному павільйоні.

Трубчастий колодязь повинен бути виконаний строго вертикальним і прямим, особливо при використанні для підйому води артезіанських насосів з довгим валом.

3.2.5. Схеми водозбірних споруд із трубчастими колодязями

Схеми водозбірних споруд з використанням трубчастих колодязів залежать як від масштабів водоспоживання і потужності водоносних пластів, так і від методів отримання води з колодязів. При відносно малих кількостях води, яка забирається і наявності водообільних водоносних пластів можна обійтися одиночними колодязями. Але в більшості випадків при влаштуванні централізованих систем водопостачання міст і промислових підприємств доводиться використовувати кілька одночасно працюючих колодязів. Іноді ці колодязі розосереджені по території району, який забезпечується водою, іноді сконцентровані в одному місці, найбільш сприятливому для захоплення підземних вод. Методи отримання води з трубчастих колодязів залежать від глибини розташування її рівня. Напірні (артезіанські) води після спорудження колодязя можуть:

- самовиливатися під природним тиском в пласті;
- підніматися настільки близько до денної поверхні, що їх можна забирати насосами звичайних типів;
- встановлюватися настільки глибоко, що їх підйом можливий лише за допомогою спеціальних глибинних насосів, гідроелеваторів або ерліфтів.

Від самовиливних (фонтануючих) колодязів вода відводиться самопливними трубами в збірний резервуар, з якого вона перекачується насосами.

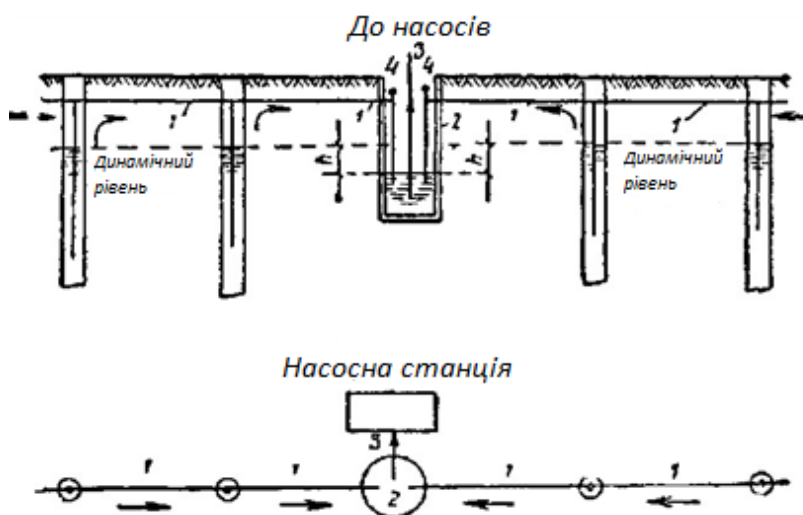


Рисунок 3.8 – Схема водозабору з самопливними колодязями:

1 – з'єднувальні лінії; 2 – шахтний колодязь; 3 – всмоктувальна труба; 4 – місце видалення повітря

При неглибокому розташуванні рівня напірних вод або неглибокому заляганні безнапірного водоносного шару доцільно з'єднувати трубчасті колодязі сифонними трубопроводами (рис. 3.8). При цьому сифонні з'єднувальні лінії 1 можуть подавати воду у водозбірний шахтний колодязь 2, з якого вона по всмоктуючих трубах 3 відкачується насосами, встановленими на станції першого підйому. З

верхніх точок 4 сифонної магістралі проводиться видалення повітря за допомогою вакуум-насосів. Сифонна магістраль, яка забирає воду з ряду трубчастих колодязів, може бути приєднана також безпосередньо до всмоктуючого патрубка відцентрового насоса.

У тих випадках, коли динамічний рівень води залягає на глибині понад 10 м від поверхні землі, кожен колодязь обладнується спеціальними свердловинними або, як їх ще називають, артезіанськими глибоководними насосами. При цьому над гирлом колодязя влаштовують павільйони. Насоси подають воду, як і у випадку наведеному на рис. 3.9, по напірних трубопроводах в збірний резервуар звідки вода забирається насосами станції другого підйому і нагнітається по водоводах до об'єкту водопостачання.

У деяких випадках насоси, розташовані в колодязях та подають воду безпосередньо в водовід, що йде до споживача.

3.3. Насоси

3.3.1. Визначення, основні параметри та вимоги

Насоси – це гідравлічні машини, призначені для переміщення рідин під напором. Перетворюючи механічну енергію приводного двигуна в механічну енергію рідини, що рухається, насоси піднімають рідину на певну висоту, подають її на необхідну відстань у горизонтальній площині або змушують циркулювати в якій-небудь замкнутій системі.

Основними параметрами насосів є напір, подача, потужність і коефіцієнт корисної дії.

Напір, який створюється насосом це приріст питомої енергії рідини на ділянці від входу в насос до виходу з нього, виражений в метрах стовпа рідини,

що перекачується.

Подача. Розрізняють масову та об'ємну подачу. Найбільш вживаною є об'ємна подача. Вона характеризується об'ємом рідини, що подається насосом в напірний трубопровід в одиницю часу, і зазвичай вимірюється у несистемній одиниці – кубічний метр за годину ($\text{м}^3/\text{год}$). Але у розрахунках використовують саме системні одиниці – кубічний метр або кубічний дециметр за секунду ($\text{м}^3/\text{с}$ або $\text{дм}^3/\text{с}$).

Потужність, що витрачається насосом це сума енергетичних витрат за одиницю часу на створення потрібного напору та подачі і компенсацію усіх втрат (механічних, гідравлічних, об'ємних), неминучих при перетворенні насосом механічної енергії в енергію руху рідини. Вимірюється в ватах (Вт) або кіловатах (кВт). Потужність насоса використовують, зокрема, для визначення потужності приводного двигуна.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) визначає долю механічної енергії, підведеної до насоса, яка перетворилась в енергію рідини, що рухається. ККД визначає економічну доцільність експлуатації насоса при зміні інших його робочих параметрів (напору, подачі, потужності).

Історія виникнення насосів і розвитку їх конструкцій показує, що спочатку вони призначалися виключно для підйому води. Однак в даний час область їх застосування настільки широка і різноманітна, що визначення насоса як машини для перекачування рідини було б однобічним. Крім водопостачання і каналізації міст, промислових підприємств і електростанцій насоси застосовуються для зрошення і осушення земель, гідроакумулювання енергії, транспортування матеріалів. Існують живильні насоси котельних установок теплових електростанцій, суднові насоси, насоси для нафтової, хімічної, паперової, харчової та інших галузей промисловості. Насоси використовуються при виконанні будівельних робіт (намив земляних споруд, водозниження, відкачування води з котлованів, подача бетону і будівельних розчинів до споруд і т. п.),

Таким чином, насоси є одним з найбільш поширених видів машин, причому їх конструктивна різноманітність надзвичайно велика, тому класифікація насосів за їх призначенням зустрічає певні складнощі. Більш логічною видається класифікація, заснована на відмінностях в принципі дії. З цієї точки зору всі існуючі зараз насоси можуть бути розділені на два види: динамічні та об'ємні.

У **динамічних насосах** рідина отримує необхідну для руху енергію під впливом сил різної природи в камері незмінного об'єму, постійно сполученої з трубопроводами для підводу і відводу цієї рідини. Залежно від виду силового впливу на рідину динамічні насоси, у свою чергу, діляться на лопатеві насоси, насоси тертя, насоси інерції і ін.

Об'ємні насоси переміщують рідину за рахунок періодичного зміни об'єму робочої камери. Заповнення і спорожнення камери рідиною, що перекачується забезпечується за рахунок попереминого її сполучення то з підвідним (при заповненні та збільшенні обсягу камери), то з відводним (під час спорожнення і зменшенні об'єму) трубопроводом. Об'ємні насоси можна класифікува-

ти по виду руху робочого органу, який забезпечує зміну об'єму камери. Цей рух може бути зворотно-поступальним (поршневі, плунжерні і діафрагмові насоси) або обертальним (роторні, шестеренні, пластинчасті, перистальтичні і інші насоси).

Крім наведеної вище класифікації існує також поділ насосів по виду рідини, по виду приводу і за іншими класифікаційними ознаками.

Конструкції насосів всіх типів повинні задовольняти вимогам, до числа яких в першу чергу відносяться:

- надійність і довговічність роботи;
- економічність і зручність експлуатації;
- зміна робочих параметрів в широких межах за умови збереження високого ККД;
- мінімальні розміри і маса;
- простота конструкції;
- зручність монтажу і демонтажу.

Вибір типу насоса в кожному конкретному випадку проводиться з урахуванням того наскільки повно його експлуатаційні та конструктивні якості відповідають технологічному призначенню.

3.3.2. Конструкції і принцип дії лопатевих насосів

До числа лопатевих насосів, що випускаються серійно та знайшли найбільше поширення в промисловості відносяться відцентрові, осьові і діагональні насоси. Робота цих насосів заснована на загальному принципі – силовій взаємодії лопатей робочого колеса з оточуючим їх потоком рідини. Однак механізм цієї взаємодії у насосів перерахованих типів різний, що, природно, призводить до істотних відмінностей в їх конструкціях і експлуатаційних показниках.

Відцентрові насоси – основний тип насосів, як з точки зору продуктивності і універсальності, так і їх поширеності (не менше 75 % промислових насосів). Найменші можна взяти в руку, а найбільші досягають декількох метрів у діаметрі. Потужність відцентрових насосів може становити від часток кіловат до багатьох тисяч кіловат.

У найпростішому вигляді відцентровий насос (рис. 3.9 а) складається з колеса 1 з лопатями, що сидять на валу 2 всередині рагликоподібного корпусу 3. Останній має два патрубкі – центральний 4 і тангенціальний 5. Перший приєднується до всмоктувального трубопроводу 6, а другий – до нагнітального 7. Отвори 8 в корпусі, через які проходить вал, ущільнено за допомогою сальників. В малих насосах колесо зазвичай сидить на консольному валу і корпус має лише одне сальникове ущільнення. Робоче колесо (рис. 3.9, б) утворено двома дисками, з'єднаними поміж собою загнутими лопатями 1, які ділять простір між дисками на ряд криволінійних каналів. Внутрішні поверхні дисків і поверхні лопатей утворюють так звані міжлопатеві канали колеса, які при роботі насоса заповнені рідиною, що перекачується. Диск 2, який на малюнку справа – суцільний, лівий 3 – з отвором для входу рідини всередину колеса. У консольних насосах суцільний диск називають заднім, диск з отвором для входу рідини

– переднім. Вал насосу з'єднується за допомогою муфти з валом електродвигуна.

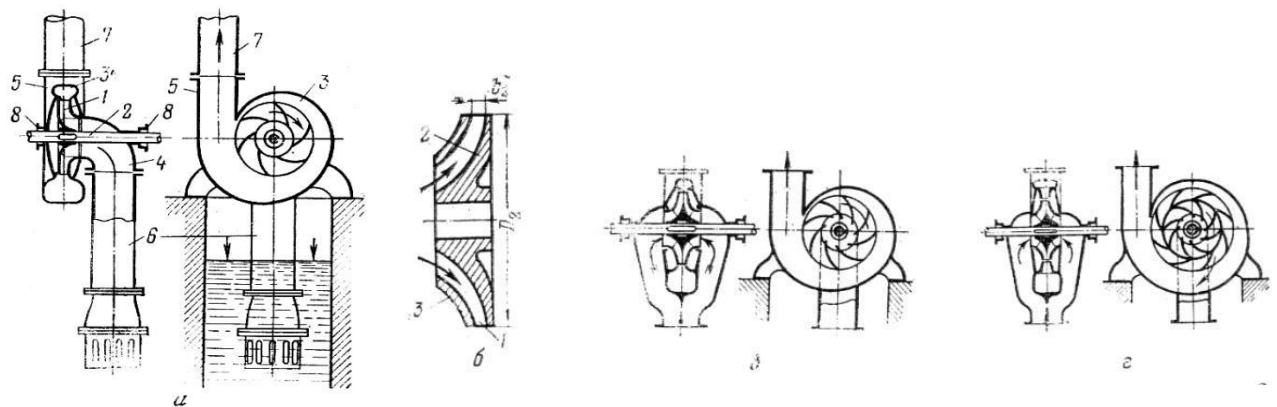


Рисунок 3.9 – Схеми відцентрових насосів:

а – схема установки насоса; *б* – робоче колесо насоса з однобічним всмоктуванням; *в* – одноколісний насос з двобічним всмоктуванням; *г* – насос з двобічним всмоктуванням і спрямовуючим апаратом

Рідина по всмоктувальному патрубку через отвір в передньому диску робочого колеса надходить в міжлопатеві канали. При обертанні колеса його лопаті утворюють силовий вплив на рідину в напрямку від центру до периферії (цьому «відцентровому» впливу насос і зобов'язаний своєю назвою) аналогічне за своєю природою дії крила літака на повітря. Під дією цих сил рідина рухається в радіальному напрямку і викидається з робочого колеса, в результаті чого в центрі колеса створюється розрідження, а в периферійній його частині – підвищений тиск.

Для відводу рідини в корпусі насоса є спіральна камера (у формі равлика), куди і надходить рідина, що викидається з робочого колеса. Спіральна камера (відведення) переходить в короткий дифузор, який утворює напірний патрубок, що сполучається зазвичай з напірним трубопроводом. За рахунок форми напірного патрубка швидкість потоку в ньому падає, і частина кінетичної енергії рідини, придбаной в робочому колесі насоса, перетворюється в потенційну енергію тиску. Збільшення тиску на виході з насоса також може бути досягнуто збільшенням або частоти обертання, або діаметру робочого колеса.

Відцентрові насоси можна класифікувати за кількома ознаками. За кількістю робочих коліс розрізняють одноступінчасті і багатоступінчасті насоси. У багатоступеневих насосах рідина, що перекачується, проходить послідовно через ряд робочих коліс, насаджених на загальний вал. Створюваний таким насосом напір дорівнює сумі напорів, що розвиваються кожним колесом.

За способом підведення рідини до робочого колеса розрізняють насоси з одностороннім підведенням (рис. 3.9 *а* – схема, та рис. 3.10 *а* – загальний вигляд) і насоси з двостороннім підведенням, або так звані відцентрові насоси двостороннього входу (рис. 3.9 *в*, та *г* – схема, рис. 3.10 *б* – загальний вигляд, 3.10 *в* – розріз).

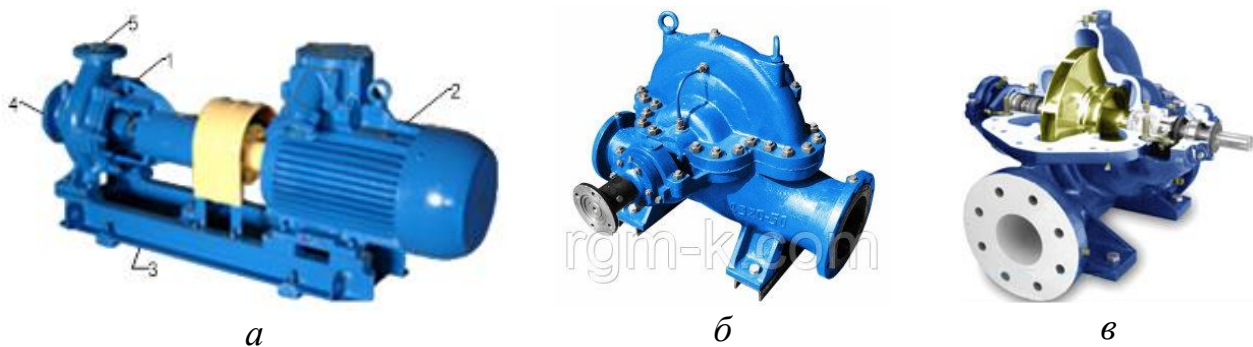


Рисунок 3.10 – Загальний вигляд насосного агрегату з консольним відцентровим насосом – *а*, та насосу з двостороннім входом: загальний вигляд – *б*; розріз – *в*:

1 – корпус насосу; 2 – електричний двигун; 3 – рама; 4 – всмоктувальний та 5 – напірний патрубки

За способом відведення рідини з робочого колеса розрізняють насоси зі спіральними і турбінними відводами (рис. 3.9 *з*). У насосах зі спіральним відводом рідини, що перекачується, з робочого колеса надходить безпосередньо в спіральну камеру. У насосах з турбінним відведенням рідини, перш ніж потрапити в спіральну камеру, проходить крізь систему нерухомих лопаток, що утворюють спеціальний пристрій, який має назву спрямовуючий апарат.

За компонованням насосного агрегату (розміщенням валу) розрізняють насоси горизонтальні і вертикальні.

За способом з'єднання з двигуном відцентрові насоси поділяються на приводні, що з'єднуються безпосередньо з двигунами за допомогою муфти, і моноблочні, робоче колесо яких встановлюється на подовженому кінці валу електродвигуна.

Відцентрові насоси діляться на насоси низьконапірні або швидкохідні (до 20 – 25 м), середньонапірні – нормальної швидкохідності (20 – 60 м) і високонапірні – тихохідні (понад 60 м).

Що стосується ККД, то в залежності від конструктивного виконання він змінюється в широких межах – від 0,85 до 0,9 у великих одноступінчастих насосів і 0,4 – 0,45 у високонапірних багатоступеневих.

Основною вадою відцентрових машин є те, що вони не властиві всмоктувати повітря. Тому перед запуском їх та всмоктувальний трубопровід потрібно заповнювати рідиною. Це потребує додаткового обладнання та трудовитрат.

Осьові насоси. Робоче колесо 1 осьового насосу (рис. 3.11) схоже на корабельний гвинт. Воно складається зі втулки, на якій укріплено кілька лопатей, що представляють собою обтічне зігнуте крило із закругленою передньою кромкою.

Робоче колесо 1 насосу обертається в трубчастій камері 2 заповненій рідиною, що перекачується. Під динамічним впливом лопатей рідини рухається в осьовому напрямку, що і визначило назву насосу.

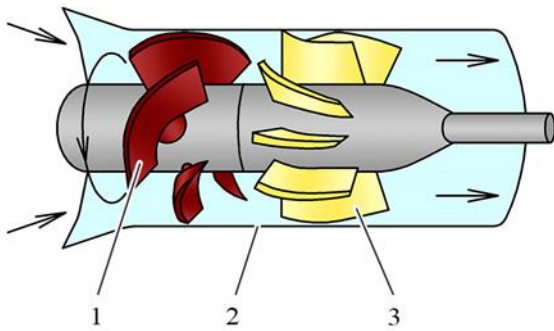


Рисунок 3.11 – Осьовий насос:
1 – робоче колесо; 2 – трубчаста камера;
3 – виправляючий апарат

Осьові насоси випускаються з жорстко закріпленими на втулці лопатями робочого колеса і з поворотними лопатями. Зміна в певних межах кута установки лопатей робочого колеса дозволяє підтримувати високе значення ККД насоса в широкому діапазоні зміни його робочих параметрів.

Подача осьових насосів, що випускаються серійно, коливається від 0,5 до 45 м³/с та розвивають напір від 2,5 до 2,7 м. Таким чином, у порівнянні з відцентровими осьові насоси мають значно більшу подачу, але менший напір. ККД високопродуктивних осьових насосів досягає 0,9 і вище.

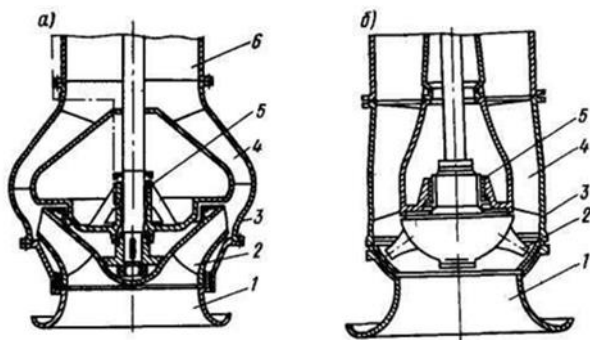


Рисунок 3.12 – Діагональний насос: а – з робочим колесом закритого; б – відкритого типу:
1 – вхідний патрубок 2 – лопаті; 3 – корпус насоса; 4 – нерухомі лопаті; 5 – робоче колесо;
6 – напірний трубопровід

Рухаючись поступально рідина, що перекачується, одночасно дещо закручується робочим колесом. Для усунення обертального руху рідини служить виправляючий апарат 3, крізь який вона проходить перед виходом напірного трубопроводу. Рідина підводиться до робочих коліс невеликих осьових насосів за допомогою конічних патрубків. У великих насосів для цієї мети служать камери і всмоктувальні труби.

Діагональні насоси. Потік рідини, що проходить крізь робоче колесо діагонального насоса, спрямований не радіально, як у відцентрових насосів, і не паралельно осі, як у осьових, а похило, як би по діагоналі прямокутника, складеного радіальним і осьовим напрямками.

Робочі колеса діагональних насосів можуть бути закритого (рис. 3.12 а) чи відкритого (рис. 3.12 б) типу. В першому випадку конструкція колеса наближається до відцентрового насоса, а в другому – осьового. Лопаті робочих коліс відкритого типу можуть виконуватися поворотними, що є їх безперечною перевагою.

Рідина крізь вхідний патрубок 1 всмоктується в корпус 3 насоса робочим колесом 5 з лопатями 2. Так саме, як і в осьовому насосі, потік дещо закручується робочим колесом і для усунення вихорю, що утворюється, служить виправляючий апарат з нерухомими лопатями 4. Проходячи крізь нього рідина потрапляє до напірного трубопроводу 6.

За своїм робочим параметрам (подача, напір) діагональні насоси також займають проміжне положення між відцентровими і осьовими.

3.3.3. Вихрові насоси

Вихрові насоси (рис. 3.13) відносяться до динамічних машин. Робоче колесо 7 вихрового насосу, що обертається на валу 6, є плоским диском з короткими радіальними прямолінійними лопатками 5, розташованими на периферії колеса. У корпусі є кільцева порожнина (а), в яку входять лопатки колеса. Внутрішній ущільнюючий виступ 8, щільно примикаючи до зовнішніх торців і бокових поверхонь лопаток 5, розділяє напірний 1, і всмоктувальний 3 патрубки, які з'єднані з кільцевою порожниною.

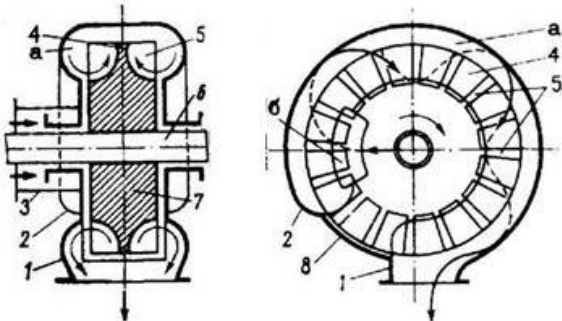


Рисунок 3.13 – Вихровий насос: а – кільцева порожнина; б – вікно:

1 – напірний патрубок; 2 – корпус;
3 – всмоктувальний патрубок; 4 – перегородка; 5 – лопатки; 6 – вал; 7 – робоче колесо; 8 – ущільнюючий виступ

При обертанні колеса рідина, що з всмоктувального патрубку 1 крізь вікно (б) в корпусі 2 потрапляє до кільцевої порожнини (а), захоплюється лопатками і закручується. Таким чином, в кільцевій порожнині працюючого насоса утворюється своєрідний кільцевий вихровий рух, чому насос і називається

вихровим. Рідина, що розігнана в кільцевому каналі до певної швидкості, продовжуючи рухатися за інерцією, залишає насос через напірний патрубок.

Напір вихрових насосів у 2 - 4 рази більше, ніж у відцентрових, при одному і тому ж діаметрі колеса. Це, в свою чергу, дозволяє робити вихрові насоси значно менших розмірів і маси в порівнянні з відцентровими. Перевагою вихрових насосів, на відміну від відцентрових, є також і те, що вони мають здатність самовсмоктування. Тобто можуть утворювати вакуум та втягувати рідину з резервуару. Це виключає необхідність заливки насоса рідиною, що перекачується перед кожним пуском.

Недоліком вихрових насосів є порівняно невисокий ККД (0,25-0,5) і швидкий знос деталей при роботі з рідинами, що містять зважені тверді частинки.

Насоси апарати. Специфічну групу динамічних насосів утворюють так звані «насоси апарати». Від інших типів обладнання для перекачування рідини вони відрізняються відсутністю рухомих деталей.

Струменеві насоси.

Дія струменевих насосів заснована на принципі передачі кінетичної енергії від одного потоку до іншого, який має меншу кінетичну енергію. Створення напору у насосів цього типу відбувається шляхом безпосереднього змішання обох потоків, без яких-небудь проміжних механізмів. У струменевому насосі, схему якого наведено на рис. 3.14 а робоче середовище (наприклад, вода) під великим тиском по трубі 2, що закінчується соплом 3, подається в камеру 4. Витікаючи з сопла з великою швидкістю у вигляді струменю, вона захоплює зі собою воду, що крізь патрубок 1 заповнює камеру 4 і втягує її до камери

змішання 5, тиск в якій нижче за зовнішній. З камери змішання загальний потік прямує в дифузор 6, де за рахунок зменшення швидкості течії створюється тиск, необхідний для руху рідини по напірному трубопроводу.

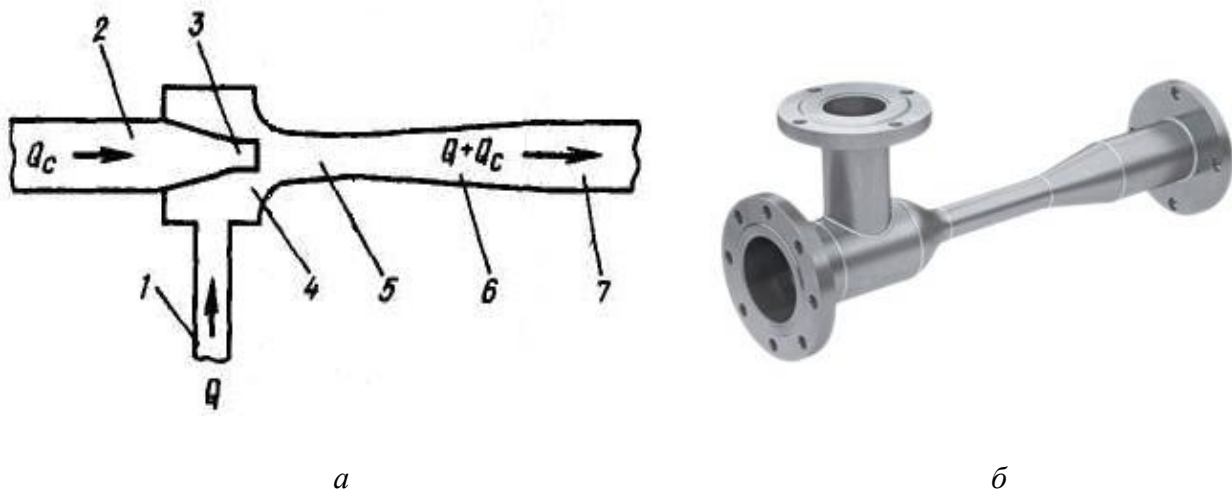


Рисунок 3.14 – Струменений насос: *а* – схема; *б* – зовнішній вигляд:
1 – патрубок; 2 – патрубок подачі робочої рідини; 3 – сопло; 4 – камера; 5 – труба змішування; 6 – дифузор; 7 – вихідний патрубок

Водоструминний насос за своїм устроєм досить простий і доступний для виготовлення в місцевих умовах. Він має властивість самовсмоктування, може перекачувати піну і шлами. Його недоліком є низький ККД, який зазвичай не перевищує 0,25-0,3.

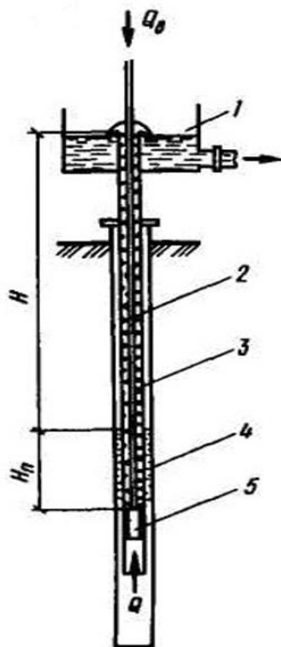


Рисунок 3.15 – Повітряний підйомник:
1 – резервуар; 2 – повітропровід;
3 – водопідйомна труба; 4 – обсадна труба; 5 – форсунка

Повітряний підйомник (ерліфт). Повітряний підйомник (рис. 3.15), або як його ще називають ерліфт, складається з вертикальної водопідйомної труби 3, зануреної під рівень води в свердловині 4 на глибину H_n .

Усередині труби проходить повітропровід 2, по якому стиснене повітря подається компресором і за допомогою форсунки 5, що знаходиться нижче рівня води в свердловині, вдувається у водопідйомну трубу 3, утворюючи в ній газорідинну суміш. Простори між водопідйомною трубою 3 і стінкою свердловини 4 та всередині водопідйомної труби утворюють своєрідні сполучені судини. Відповідно до закону сполучених судин газорідинної суміш всередині труби 3, завдяки значно меншій густині, ніж во-

да ззовні цієї труби, підіймається вище денної поверхні землі (на висоту H) і виливається в приймальний бак 1.

Що стосується ККД повітряного підйомника, то навіть в сприятливих умовах він не перевищує 0,3-0,4, а з урахуванням втрат в компресорі загальний ККД установки становить зазвичай 0,15-0,2. У той же час побудова ерліфту надзвичай

но проста, у нього немає рухомих частин і тому потрапляння в нього зважених часток не приносить шкоди. Він досить зручний для підйому води зі свердловин, особливо малого діаметру, в які не входить жоден інший насос. Повітряний підйомник легко зібрати на будь-якому об'єкті, використавши для подачі повітря пересувний компресор.

3.3.3. Об'ємні насоси

У об'ємних насосів рух робочого органу може бути зворотно-поступальним або обертальним, тому їх поділяють на дві групи: до першої належать поршневі, плунжерні і діафрагмові насоси; до другої – шестеренні, гвинтові та ін.

Поршневий насос односторонньої дії (рис. 3.16) складається з корпусу 3 із клапанами 2 та циліндру 5 з поршнем 6. Переміщення поршню здійснюється за допомогою кривошипно-шатунного механізму 9, 10, що перетворює обертальний рух валу приводного двигуна в зворотно-поступальний.

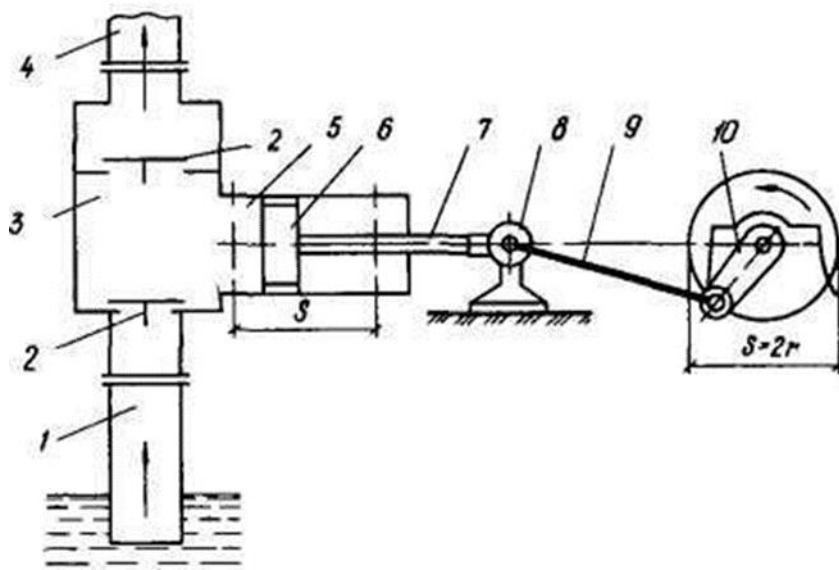


Рисунок 3.16 – Поршневий насос односторонньої дії:

1 – всмоктувальний трубопровід; 2 – клапани; 3 – корпус; 4 – напірний трубопровід; 5 – циліндр; 6 – поршень; 7 – шток; 8 – повзун; 9 – шатун; 10 – кривошип

Під час ходу поршню вправо до циліндру всмоктується певний об'єм рідини, а при зворотному русі цей же об'єм витискується в напірний трубопровід. Таким чином, насос односторонньої дії за один оборот кривошипа здійснює один цикл всмоктування і один цикл нагнітання (робочий).

Теоретично поршневий насос може розвивати будь-який тиск. Однак

практично тиск обмежується в залежності від міцності окремих деталей, а також від потужності двигуна, що приводить насос в дію.

Оскільки зворотно-поступальний рух поршня здійснюється за допомогою кривошипно-шатунного механізму, швидкість поршня змінюється від нуля в мертвих точках (мертва точка – положення поршня в момент зміни напрямку руху) до максимуму в середньому положенні (кривошип 10 розташований вертикально).

Аналогічним чином змінюється під час робочого ходу поршня і миттєва подача насоса. Ця обставина визначає основний недолік поршневих насосів однієї дії – переривчасту і нерівномірну подачу.

Існує кілька способів зменшення нерівномірності руху рідини в системі, з'єднаній з поршневим насосом. Одним з них є застосування поршневих насосів двосторонньої дії, у яких камери з клапанами розташовуються по обидва боки циліндра і тому рух поршня в будь-яку сторону є робочим. Циклу всмоктування в лівій камері відповідає цикл нагнітання в правій, і навпаки. Подача поршневого насоса двосторонньої дії майже вдвічі більше подачі насоса односторонньої дії тих же геометричних розмірів. Іншим досить ефективним способом зменшення нерівномірності подачі є використання багатопоршневих насосів.

Для забезпечення максимально рівномірної подачі поршневих насосів і зменшення інерції мас рідини, що заповнює систему, практикується також застосування так званих повітряних ковпаків. Унаслідок великої пружності повітря, що знаходиться у приєднаному до нагнітального трубопроводу ковпаку, під час циклу нагнітання повітря стискається і впускає усередину частину об'єму рідини, що перевищує середню за робочий цикл подачу. Під час циклу всмоктування повітря розширюється і витискує рідину в напірний трубопровід.

Плунжерні насоси відрізняються від поршневих конструкцією робочого органу. Замість поршня вони мають плунжер, яким є циліндр, що рухається в ущільнюючому сальнику не торкаючись внутрішніх стінок корпусу. За гідравлічними параметрами поршневі і плунжерні насоси однакові. В експлуатації плунжерні насоси дещо простіше, так як у них менше деталей, що можуть зношуватися (відсутні поршневі кільця, манжети і ін.).

Діафрагмові насоси мають замість поршня гнучку діафрагму (мембрану) зі шкіри, прогумованої тканини або з синтетичного матеріалу.

Об'ємний ККД шестерневого насоса враховує часткове перенесення рідини назад в порожнину всмоктування, а також протікання рідини через

Шестеренний насос, схематично зображений на рис. 3.17. Він є представником машин з обертальним робочим органом. Це дві шестерні: ведуча – 2 і ведена – 3, розміщені в корпусі 5 з невеликими радіальними і торцевими зазорами. При обертанні коліс в напрямку, зазначеному стрілками, порожнини між зубцями шестерень зі сторони патрубку всмоктування 1 вивільнюються в міру виходу зубців зі зчеплення. У ці порожнини всмоктується рідина та переноситься на сторону

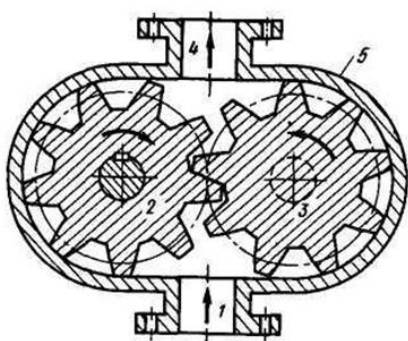


Рисунок 3.17 – Шестеренний насос:
1 – патрубок всмоктування, 2 – ведуча шестерня, 3 – ведена шестерня;
4 – напірна порожнина; 5 – корпус

нагнітання. Входячи у зчеплення зубці витискають рідину у патрубок нагнітання 4.

Суттєвою вадою шестеренного насосу є перетікання рідини крізь зазори між шестернями та корпусом зі сторони нагнітання до сторони всмоктування. Внаслідок цього об'ємний ККД шестеренного насосу (частка фактичної подачі від її розрахункової величини) в середньому становить 0,7-0,9.

Шестеренні насоси мають властивість реверсування, тобто за зміни напрямку обертання шестерень вони змінюють напрямок потоку в трубопроводах, приєднаних до насосу.

3.4. Основні технології та обладнання станції очистки питної води

Вивчення якості води природного джерела дозволяє встановити характер необхідних операцій по її обробці. У деяких випадках на очисні споруди покладається завдання усунення будь-якого недоліку природної води або цілого комплексу недоліків, а іноді – завдання штучного надавання воді нових властивостей, необхідних споживачу.

Всі різноманітні завдання, покладені на очисні споруди, можуть бути зведені до наступних основних груп:

- освітлення води, тобто видалення з неї зважених речовин (нерозчинних домішок), що обумовлює зниження її каламутності;
- усунення речовин, що обумовлюють кольоровість води, – знебарвлення води;
- знищення бактерій, що містяться у воді (в тому числі хвороботворних), – знезараження води;
- видалення з води катіонів кальцію і магнію – пом'якшення води;
- зниження загального вмісту солей у воді – знесолення води;
- часткове знесолення води до залишкової концентрації солей не більше 1000 мг/л – опріснення води.

В залежності від властивостей води та потреб виробничих та побутових споживачів на станції водоочистки може проводитися видалення окремих видів солей (знекремнювання, знезалізнення і т. п.), розчинених у воді газів (дегазація), усунення запахів і присмаків природної води і ін. Відповідно до вимог виробничих споживачів, умов експлуатації водопроводів або для успішного проведення, власне, операцій очищення води необхідна спеціальна обробка води для досягнення необхідного значення рН, додання воді властивостей стабільності і т. п.

Рішення всіх поставлених перед очисними спорудами завдань може проводитися шляхом використання різних технологічних прийомів. Так, освітлен-

ня води може бути досягнуто шляхом відстоювання і фільтрування. Час осадження зважених часток залежить від їх розмірів. При цьому колоїдні частинки можуть перебувати в підвішеному стані невизначено довгий час. Для їх осадження застосовують коагулювання. Ця технологія одночасно сприяє підвищенню ефективності процесу фільтрування води та дозволяє здійснити також і її знебарвлення..

У ряді випадків воду для глибокого освітлення після відстійників направляють на фільтри, де вона додатково освітлюється, проходячи через шари фільтруючого матеріалу. Така двоступенева система широко застосовується при очищенні річкової води до якості питної.

Для деяких виробництв, що не вимагають прозорої води, виявляється достатнім звільнення її лише від найбільш великих зважених часток, а також плаваючих предметів. У цих випадках застосовують грубу механічну очистку води – проціджування. Його здебільшого здійснюють в водоприймальних спорудах, де для цієї мети встановлюються решітки та сітки.

Попутно з освітленням при коагулюванні і фільтруванні вода в значній мірі звільняється від бактерій. Завдяки цьому підвищується її якість з санітарної точки зору. Для знезараження застосовують хлорування або озонування, а також бактерицидне опромінення води.

3.4.1. Принципова схема комплексу водогінних очисних споруд

Очисні споруди є одним із складових елементів системи водопостачання та тісно пов'язані з її іншими елементами. Питання про місце розташування очисної станції вирішується при виборі схеми водопостачання об'єкта. Часто очисні споруди розташовують поблизу джерела водопостачання і, отже, в незначній відстані від насосної станції першого підйому.

Найбільшого поширення в практиці водоочистки (особливо в міських водопроводах) мають схеми очисних споруд з самопливним рухом води. Вода, подана насосами станції першого підйому, самопливом проходить послідовно всі очисні споруди і надходить в збірний резервуар (резервуар чистої води), з якого забирається насосами станції другого підйому. Таким чином, резервуар чистої води безпосередньо пов'язаний з комплексом очисних споруд і повинен бути розташований поблизу від них, так само як і насосна станція другого підйому.

Очисні станції водопроводів населених місць можуть будуватися по одноступінчастим або двоступінчастим схемами (в залежності від якості води джерела). На рис. 3.18 як приклад показано технологічну схему станції двоступеневого освітлення та знезараження води, яка подається для господарсько-питних цілей.

В даному випадку процес очищення води включає наступні операції: коагулювання води, освітлення її у відстійниках, фільтрування та знезараження за допомогою хлорування.

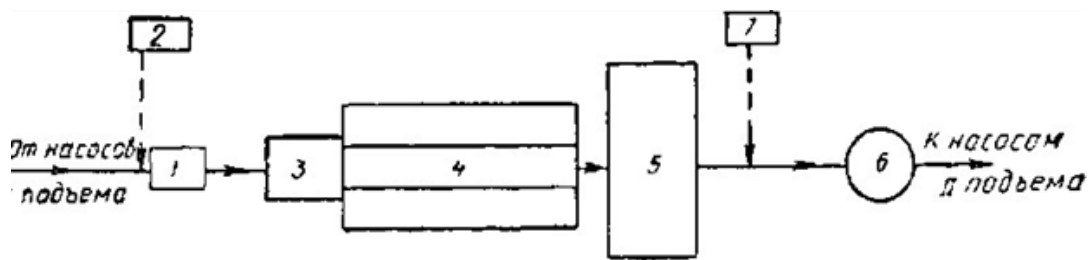


Рисунок 3.18 – Технологічна схема станції водоочистки:

1 – змішувач; 2 – реагентне господарство; 3 – камера утворення пластівців; 4 – відстійники; 5 – фільтри; 6 – резервуар чистої води; 7 – хлораторна

Вода, що подається насосною станцією першого підйому, надходить, перш за все, в змішувач 1, куди вводиться необхідний для коагулювання розчин реагентів та відбувається його змішання з водою. Цей розчин заготовлюється в приміщенні реагентного господарства 2. Зі змішувача вода надходить в камеру утворення пластівців 3, де відбувається формування пластівців коагулянту, і потім проходить послідовно через відстійники 4 і фільтри 5. Пройшовши фільтри, освітлена вода надходить в резервуар чистої води 6. В трубу, що подає в нього воду, вводиться хлор з хлораторної 7. Необхідний для знезараження води контакт її з хлором забезпечується в резервуарі 6. У деяких випадках хлор у воду подають двічі: перед змішувачем (первинне хлорування) і після фільтрів (вторинне хлорування). Споруди для коагулювання і освітлення води одночасно здійснюють і знебарвлення води

При одноступінчастій схемі очищення води та її освітлення здійснюється на фільтрах або в контактних освітлювачах (без використання відстійників). Для схеми з самопливним рухом води в очисних спорудах найбільш доцільно використовувати рельєф місцевості з метою зменшення будівельної вартості. В окремих випадках наведена основна схема очисних споруд господарсько-питних водопроводів може бути доповнена пристроями для усунення запахів і присмаків води, для її пом'якшення та ін.

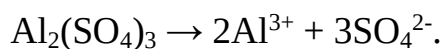
Схеми обробки підземних вод для господарсько-питних водопроводів в ряді випадків більш прості, тому що включають лише споруди для знезараження води. При використанні підземних вод великої жорсткості або таких, що містять залізо, схеми обробки включають споруди для пом'якшення або знезалізнення води.

Схеми очищення і обробки води для потреб виробництва дуже різноманітні, як і вимоги до якості води, що пред'являються різними виробничими споживачами. Для ряду споживачів ці схеми досить прості, як, наприклад, схеми грубого освітлення води. Деякі ж виробничі споживачі вимагають воду такої якості, якої взагалі немає в природних джерелах. У цих випадках доводиться застосовувати складні схеми, що передбачають використання різних фізичних і хімічних методів обробки природної води для додання їй необхідних якостей.

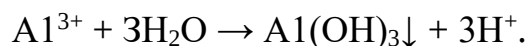
Комплекс очисних споруд повинен бути запроектований на розрахунковий витрата, що включає максимальне добове водоспоживання яке забезпечує потреби об'єкту і власні потреби станції.

3.4.2. Коагулювання і спороди для коагуляції

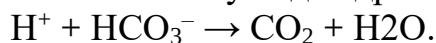
Найбільш часто вживаними реагентами при коагулюванні (коагулянтами) є: сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3$, залізний купорос $FeSO_4$ і хлорид заліза $FeCl_3$. При введенні сульфату алюмінію в забруднену завислими частками воду відбувається його дисоціація:



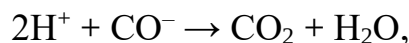
Далі має місце іонний обмін катіонів алюмінію на катіони, що сорбовані глинистими частинками, які містяться у воді. В результаті гідролізу залишку катіонів алюмінію відбувається утворення гідроксиду алюмінію який випадає в осад:



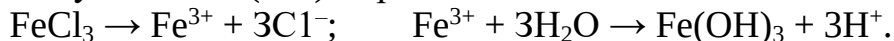
Катіони водню реагують з наявними у воді гідрокарбонатами:



Якщо природна лужність води для ходу цієї реакції недостатня, то воду необхідно підлужування. Для цього в неї вводять вапно або соду. Зв'язування водневих катіонів йде в разі додавання вапна за рівнянням $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$, а при додаванні соди за рівнянням



При застосуванні в якості коагулянту хлорного заліза реакція з утворенням пластівчастої суспензії $Fe(OH)_3$ протікає аналогічно описаним вище:



Хороші результати дає також застосування залізного купоросу з одночасним хлоруванням води. Введення хлору полегшує процес коагуляції і сприяє окисленню закисного заліза.

При коагулюванні мутних вод сприятливим є відносно високе значення рН. Навпаки, коагулювання м'яких вод з великою кольоровістю йде успішніше при відносно низькому значенні рН. Більш високі температури сприяють протіканню процесу коагулювання.

Необхідна доза коагулянту встановлюється шляхом проведення технологічного аналізу води використовуюваного джерела або на підставі досвіду експлуатації очисних споруд, що працюють на воді даного джерела.

Для інтенсифікації процесу коагулювання застосовуються флокулянти – мінеральні або органічні речовини. З мінеральних флокулянтів в практиці очищення води знайшла поширення активована кремнієва кислота, а з органічних – поліакриламід. Дози флокулянтів залежать від якості оброблюваної води (сирої, відстояної). Використання флокулянтів дозволяє скоротити дозу коагулянту. На рис. 3.19 показана установка для приготування розчину очищеного сірчаноокислого алюмінію на станціях невеликої (до 1000 м³/добу) продуктивності.

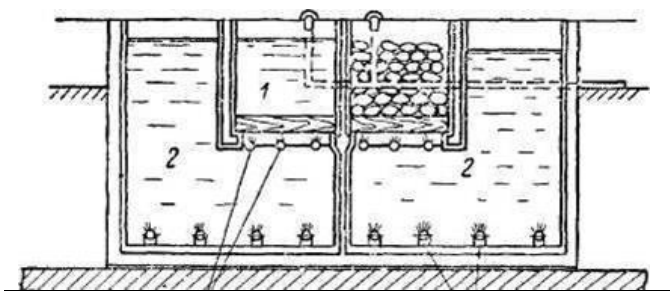


Рисунок 3.19 – Установка приготування розчину коагулянту

доводиться до необхідної концентрації. По дну робочих баків також прокладена система дірчастих труб 4, через які подається стиснене повітря для перемішування розчину. З робочих баків розчин необхідної концентрації надходить через дозатори в змішувач.

Для можливості безперервного приготування і безперервної подачі розчину встановлюється не менше двох розчинних і двох робочих баків, що працюють поперемінно. На станціях більшої продуктивності розчинні і витратні баки зазвичай конструктивно розділені.

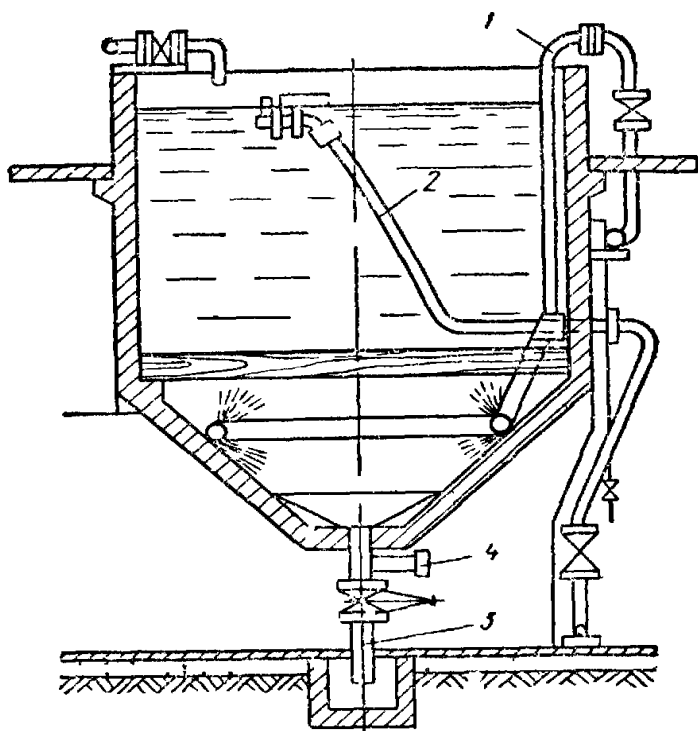


Рисунок 3.20 – Бак для приготування та зберігання розчину реагентів:

- 1 – подача стиснутого повітря; 2 – відбір розчину;
- 3 – спуск осаду; 4 – подача промивної води

При зберіганні коагулянту в сухому вигляді його завантажують у баки, куди подається вода для його розчинення. Дно розчинних баків має вигляд колосників. Для інтенсифікації процесу розчинення під колосники по системі дірчастих труб 3 подається стисле повітря. Отриманий розчин надходить в робочі (витратні) баки 2, де додаванням води

На рис. 3.20 показано креслення одного з таких окремих розчинних баків. Тут також здійснюється перемішування розчину стислим повітрям, яке подається по трубці 1. Дно баку виконано конічним для прийому осаду. Це особливо необхідно при використанні неочищеного коагулянту. В цьому випадку осад з баку видаляють через патрубок 3. Патрубок 4 призначений для подачі води з метою розпушення осаду, що полегшує його видалення.

Розчин відбирається з верхньої частини баку за допомогою поплавкового пристрою і гнучкого шлангу 2. Прискорення процесу розчинення коагулянту може бути досягнуто використанням води підігрітої до 50 – 60 °С.

3.4.3. Змішувачі

Для належної дії реагентів необхідно швидке і повне змішання їх з водою. Цього досягають за допомогою спеціальних пристроїв – змішувачів. У змішувач подається вся вода, що підлягає обробці. Розчин реагенту, витрата якого контролюється дозатором, вводиться в трубу подачі перед змішувачем або в головну частину змішувача. Змішання розчину реагенту з водою може бути здійснено шляхом створення сильно завихреного руху води в межах змішувача або шляхом механічного перемішування води в змішувачі мішалками різних типів.

Переважають використовуються системи, засновані на першому принципі, прикладом яких є так звані дірчастий та вертикальний апарати. Вони забезпечують досить повне змішання і більш прості і надійні в експлуатації.

Дірчастий змішувач (рис. 3.21) виконують у вигляді залізобетонного або металевих лотку 1 з перегородками 2, що розділяють лоток 1 на секції. У пе-

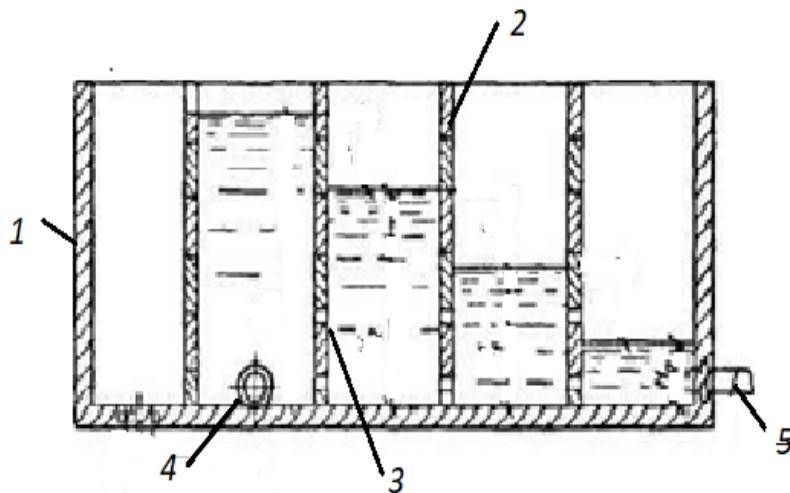


Рисунок 3.21 – Дірчастий змішувач:

1 – залізобетонний корпус; 2 – перегородка; 3 – отвір у перегородці; 4 – вхід води; 5 – вихід води

регородках 2 зроблено отвори 3 для перетікання води з однієї секції до іншої. Зазвичай влаштовують три перегородки. Відстань між перегородками приймають рівним ширині змішувача.

Вода з насосної першого підйому поступає у змішувач по трубах прикріплених до штуцера 4, поспідовно проходить усі секції та через патрубок 5 зливається у камеру утворення пластівців. Перемішування стається за рахунок вихорів, що утворюється на виході струменів води з отворів 3 у перегородках 2.

Змішувач вертикального (вихрового) типу заснований на тому ж самому принципі, що і дірчастий, тобто турбулізації потоку завдяки значній зміні його живого перетину і відповідної зміни його швидкості. Конструкція такого змішувача схематично показано на рис. 3.22.

Вода подається по трубі 1, розчин реагенту вводиться через патрубок 2. Перемішування здійснюється завдяки зміні швидкості руху води при переході її у конічній частині змішувача від вузького перетину до широкого. Відведення води проводиться з верхньої частини змішувача через кільцевий жолоб 3 або по системі горизонтально розташованих дірчастих труб.

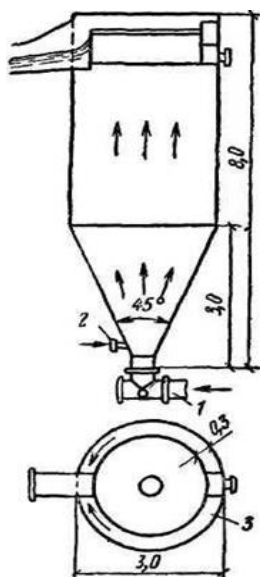


Рисунок 3.22 – Вертикальний змішувач:
1 – вхід води; 2 – вхід реагенту;
3 – кільцевий канал

Вихрові змішувачі влаштовують як круглими, так і прямокутними в плані. У деяких установках змішання реагентів з водою здійснюється без спеціальних змішувачів-шляхом впуску розчину реагенту у всмоктувальну трубу насоса або в трубу, що подає воду до очисних споруд.

Змішувачі засновані на механічному перемішуванні води представляють собою звичайно мішалку того чи іншого типу. Час перебування води в пропелерних механічних змішувачах складає 10-13 с, в змішувачах з лопатевими мішалками (з вертикальною вісю) – 30-60 с.

3.4.4. Камери для утворення пластівців

Камери для утворення пластівців коагулянту застосовуються тільки в схемах освітлення води, що включають відстійники. Цей процес починається після змішання води з реагентами і протікає відносно повільно. Для отримання досить великих пластівців, що важливо для осадження, потрібно 10 – 30 хв. Процесу утворення пластівців сприяє плавне перемішування води.

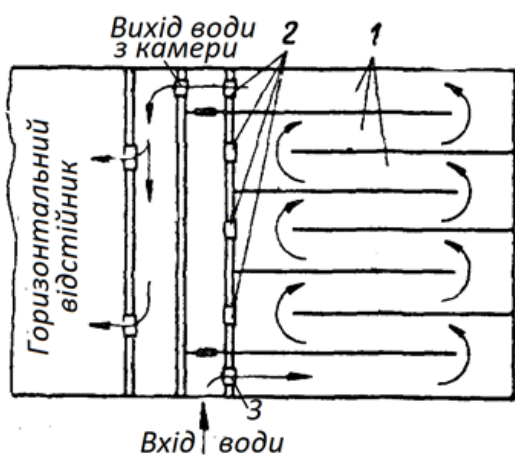


Рисунок 3.23 – Камера утворення пластівців:
1 – коридори; 2 – отвори з шиберами;
3 – вхідний отвір

Існує кілька різновидів камер утворення пластівців. Нижче розглянуто конструкцію та роботу найбільш поширених з них.

Перегородчаста камера (рис 3.23) являє собою резервуар, розділений перегородками на ряд коридорів 1. Вікна 2 з шиберами дозволяють вимикати окремі коридори і міняти довжину шляху, а, відповідно, і час перебування води в камері. Вода, змішана з коагулянтом через отвір 3 поступає у камеру і послідовно проходить декілька коридорів як показано стрілками. Суспензія сформованих пластівців у воді через один з відкритих отворів 2 надходить безпосередньо у відстійник.

Камери вихрового типу засновані на тому ж принципі зміни швидкості потоку, що і вихровий змішувач. Відповідно і їх конструкція схожа з вертикальним змішувачем рис. 3.22.

Водоворотні камери найчастіше об'єднують конструктивно з вертикальними відстійниками, поєднуючи з їх центральною трубою 2 (див, далі рис. 3.25). Вода надходить в камеру через два нерухомих насадка зовнішнє подібних сегнеровому колесу і розташованих в її верхній частині. Ці насадки направляють струмені води по траєкторіям, дотичним до циліндричних стінок труби. Швидкість виходу води з насадкою 2 – 3 м/с. Завдяки цьому вода у верхній частині камери отримує обертальний рух. У нижній її частині влаштовують гаситель виру 5 у вигляді решітки з поставлених на ребро дощечок. Гаситель переводить обертальний рух води в поступальний.

У лопатевих камерах перемішування води досягається обертанням мішалок, що приводяться в рух електродвигуном. Розрізняють лопатеві камери з вертикальної і горизонтальної віссю обертання мішалок. Перші являють собою залізобетонні резервуари, у центрі яких розташовується вертикальна вісь з закріпленими на ній лопатями.

3.4.5. Відстоювання

На характер осадження частинок з води поверхневих джерел впливають їх розмір і форма, наявність і режим руху води і її в'язкість. Каламутні води, що зустрічаються у практиці, завжди є полідисперсною системою, тобто. містять частинки різних розмірів, а також різних форм. Нарешті, дуже часто при коагулюванні доводиться мати справу з осадженням агрегатно-нестійкої суспензії, частки якої в процесі осадження змінюють свою структуру та розміри. Тому осадження суспензії у спорудах для освітлення води пов'язано з великими труднощами. Це призводить до великого різноманіття конструкцій відстійників.



Рисунок 3.24 – Горизонтальний відстійник

Горизонтальний відстійник (рис. 3.24) у практиці водоочистки представляє собою прямокутну в плані залізобетонну ємність. Його конструкція повинна забезпечувати якомога більш рівномірний розподіл швидкостей потоку по його перетину і можливо більш повне використання об'єму. Для цього відстійники значної ширини поділяють поздовжніми пе-

регородками на кілька паралельних коридорів (фактично паралельних відстійників), ширина яких повинна бути не більше 9 м. Вздовж коротких сторін відстійника передбачаються пристрої для забезпечення розосередженої подачі води на освітлення з одного боку та відведення очищеної води з іншого.

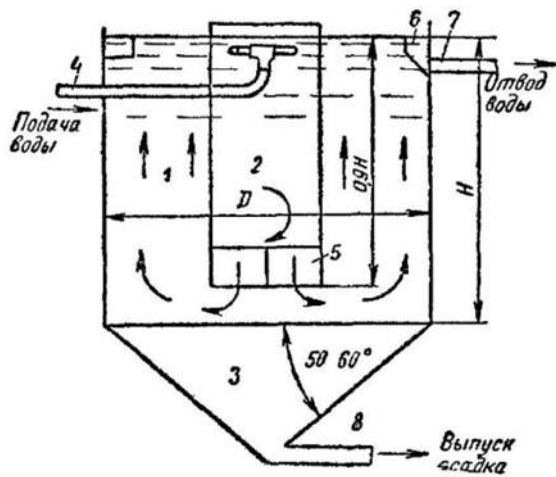
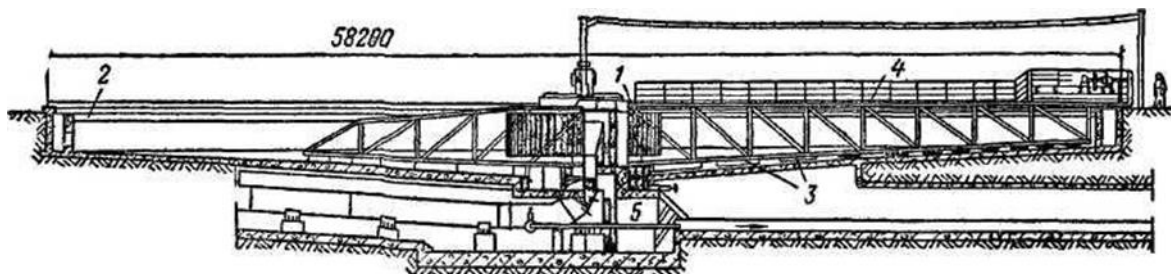


Рисунок 3.25 – Вертикальний відстійник

збірний жолоб 6 і відвідну трубу 7. Осад накопичується в нижній конічній частині відстійника 3, звідки він періодично видаляється по трубі 8. Осадження суспензії відбувається під час висхідного руху води.

Радіальні відстійники. Відстійники з відношенням діаметру до висоти більшим за 3,5 мають в основному радіальний напрямок руху води і носять назву радіальних відстійників (рис. 3.26). За характером руху води вони ближче до горизонтальних відстійників.



а



б

Рисунок 3.26 – Радіальний відстійник:
а – схема; б – загальний вигляд

Особливістю роботи радіальних відстійників є зміна швидкості руху води від максимального значення в їх центрі до мінімального значення на периферії.

До переваг радіальних відстійників відноситься їх незначна глибина (навіть при великій продуктивності). У цих відстійниках вода подається в їх центральну частину, проходить через спеціальний розподільний пристрій 1 (рис. 3.26 а) у вигляді циліндричного дірчастого заспокоювача) і рухається в радіальному напрямку до периферійного збірного жолобу 2, з якого відводиться по трубах. Осад видаляється механічно за допомогою скребків 3, укріплених на поворотній фермі 4. Шкребки згрібають осад до приймача 5 в центрі відстійника, звідки він видаляється по грязьовій трубі.

Гідроциклони. В практиці освітлення води знайшли застосування апарати, які для розділення суспензії використовують інерційні сили, що виникають у вихорах – так звані гідроциклони.

Принцип їх роботи заснований на тому, що тверді частинки суспензії, обертаючись разом з рідиною в циліндричному апараті, прагнуть рухатися по інерції прямолінійно і при цьому переміщуються від центру обертання до периферії.

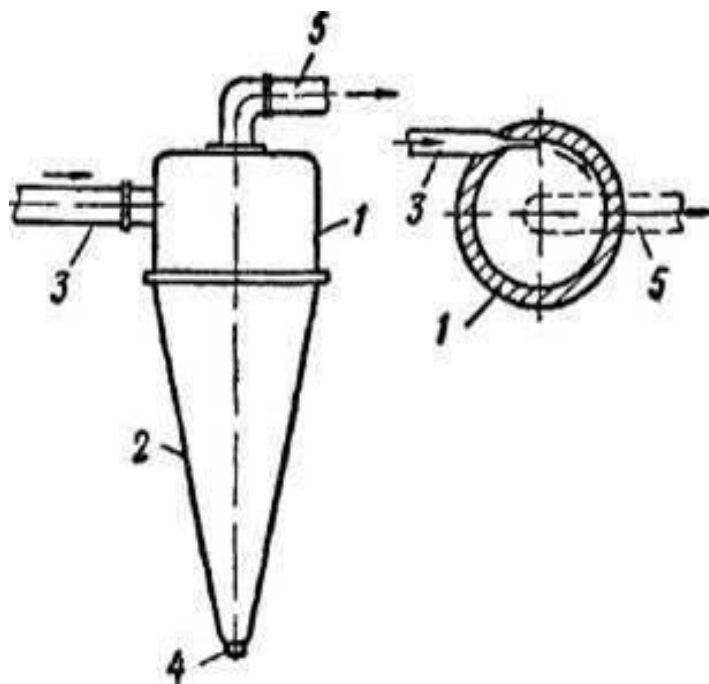


Рисунок 3.27 – Гідроциклон

Гідроциклон (рис. 3.27) має циліндричний корпус з витягнутим конічним днищем 2. Вода, яку потрібно освітлити, подається в корпус 1 через тангенціально розташований патрубок 3. При обертанні води частинки суспензії відгоняються до циліндричної стінки корпусу 1. Швидкість потоку біля стінки нижча ніж далі від неї. Тому частки сповзають донизу у конусне днище, з якого видаляються через випуск 4. Освітлена вода відводиться з центру корпусу 1 через патрубок 5.

3.4.6. Фільтрування

Остаточне видалення з води завислих твердих часток проводиться шляхом фільтрування. Фільтр це бетонні або цегляні резервуари, в нижній частині яких розташований дренаж. На нього укладається так зване завантаження. Це шар підтримуючого матеріалу і поверх нього шар фільтруючого матеріалу. Підтримуючим матеріалом є гравій, а фільтруючим – пісок. У процесі фільтрування фільтр заповнюють водою до рівня, що перевищує рівень фільтруючого

матеріалу щонайменше ніж на 2 м. Вода подається на фільтр зверху, а відводиться знизу через дренаж.

У практиці водоочистки прийнято поділяти фільтри на повільні та швидкі.

Повільні фільтри були першим типом фільтрів, що застосовувалися при будівництві водопроводів. Їх особливість в тому, що фільтрування ведеться через фільтруючу плівку, що утворюється в процесі фільтрації частинками суспензії, що випадають на поверхню завантаження. Тобто фільтрування йде через шар відфільтрованих з води твердих частинок.

В перші декілька діб після запуску роботи фільтру, поки утворюється фільтруюча плівка, вода, що проходить крізь фільтр, не використовується для постачання споживачам. Мінімальна швидкість фільтрування і мінімальні розміри частинок суспензії сприяють дозріванню фільтруючої плівки протягом 1 - 2 діб. Нормальна робота фільтру (від моменту закінчення дозрівання плівки до моменту очищення) у повільних фільтрах триває 1 - 2 місяці. Для очищення з фільтра знімають забруднений верхній шар піску товщиною 1 - 2 см. Очищення повільного фільтру при великій його площі є трудомісткою та дорогою операцією.

Швидкість фільтрування на повільних фільтрах при вмісті завислих речовин у вихідній воді до 25 мг/л приймається рівною 0,2 м/год. При вмісті завислих речовин у вихідній воді від 25 до 50 мг/дм³ швидкість фільтрування приймають відповідно в межах 0,2 – 0,1 м/год.

Перевагою повільних фільтрів є дуже високий рівень освітлення води і відсоток затримання бактерій, що робить непотрібним знезараження шляхом хлорування. Ці фільтри можуть застосовуватися для фільтрування навіть некоагульованої води, що містить відносно дрібну завись. Недоліками повільних фільтрів є їх значна будівельна вартість, великі площі, потрібні для їх будівництва і складність очищення.

Враховуючи це, нові повільні фільтри у міських та виробничих водопроводах тепер майже не будують. Їх застосовують, головним чином, у сільськогосподарських водопроводах.

Фільтри, що працюють за принципом швидкого фільтрування, або *швидкі фільтри*, вельми широко застосовуються в практиці очищення води. Швидкість фільтрування для цих фільтрів приймається від 6 до 12 м/год в залежності від типу фільтрів і крупності завантаження. Швидкі фільтри використовують для освітлення каламутних і кольорових вод після коагулювання і відстоювання, при реагентному пом'якшенні, знезалізованні і в деяких інших випадках.

Вода в процесі фільтрування може проходити через швидкі фільтри самотпливом – завдяки перевищенню рівня води у фільтрі над рівнем води у резервуарі чистої води. Або під напором створюваним насосами. Фільтри в цьому випадку повинні бути влаштовані у вигляді закритих напірних резервуарів. Відповідно до цих принципів роботи розрізняють фільтри самотпливні і напірні.

Звичайні самотпливні швидкі фільтри влаштовують найчастіше у вигляді прямокутних в плані залізобетонних резервуарів. На рис. 3.28 *а* й *б* схематично показано будову та принцип роботи швидкого фільтру. Тут 1 – фільтруючий шар піску і 2 – шари гравію, що його підтримує. Вода надходить на фільтр через карман 3 і жолоби 4, проходить крізь шари піску і гравію і відводиться за допомогою дренажних пристроїв 5, розташованих в нижній частині фільтру.

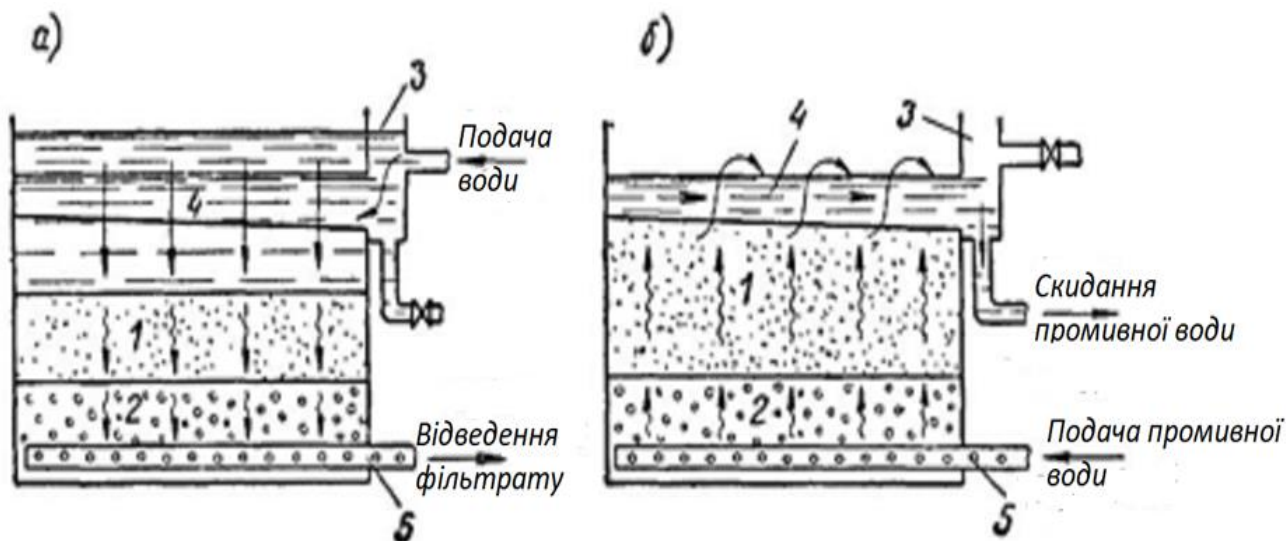


Рисунок 3.28 – Швидкий фільтр: *а* – у режимі фільтрування; *б* – у режимі промивки:

1 – завантаження (пісок); 2 – завантаження (гравій); 3 – карман входу; 4 – жолоб; 5 – дренажний пристрій

При швидкому фільтруванні значно швидше, ніж при повільному, відбувається забруднення фільтру, що вимагає його очищення. Досвід роботи швидких фільтрів показує необхідність їх очищення 1 - 2 рази на добу, а в паводки і частіше. Швидкі фільтри очищують шляхом промивки фільтруючого матеріалу зворотним потоком чистої води, яка подається знизу через дренаж і проходить через шари гравію і піску. У деяких установках для інтенсифікації процесу промивання піску застосовують його механічне перемішування (граблями, стисненням повітрям), додаткову подачу води на верхні шари фільтру і т. п.

При промиванні (рис. 3.28 *б*) фільтр вимикається з роботи, промивна вода подається знизу крізь дренажні пристрої і проходить шари гравію і піску в зворотному напрямку. Швидкість проходження через фільтр промивної води в кілька разів більше швидкості фільтрування. Вода зважає пісок і інтенсивне відмиває його від забруднень, що надійшли в процесі фільтрування. Промивна вода відводиться по жолобам 4. Борти жолобів повинні бути розташовані на такій висоті над поверхнею піску, щоб при даній інтенсивності промивки в жолоб разом з промивною водою не міг бути винесений пісок тієї крупності, яку має завантаження фільтру. Промивання триває 5 - 7 хвилин.

Контрольні питання до розділу 3

1. Опишіть систему водопостачання з поверхневих джерел.
2. Опишіть систему постачання питної води з підземних джерел.
3. Яке призначення і робота регулюючих та запасних ємностей?
4. Назвіть споруди для прийому води з поверхневих джерел.
5. В чому полягає вибір місця розташування водоприймача?
6. Надайте характеристику річковим водоприймачам берегового типу.
7. Назвіть споруди для прийому води з підземних джерел.
8. Наведіть схеми водозбірних споруд із трубчастими колодязями.
9. Дайте визначення, та наведіть основні параметри насосів.
10. Наведіть конструкції і принцип дії лопатевих насосів.
11. Наведіть конструкції і принцип дії вихрових насосів.
12. Наведіть конструкції і принцип дії об'ємних насосів.
13. Наведіть принципову схему комплексу водогінних очисних споруд.
14. Що таке коагулювання і споруди для коагуляції?
15. Наведіть конструкції і принцип дії змішувачів.
16. Для чого потрібні камери для утворення пластівців?
17. Що таке відстоювання?
18. Надайте характеристику процесу фільтрування.

4. ПРОМИСЛОВЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ

Основними напрямками виробничого водоспоживання зазвичай вважають процеси охолодження, промивання, замочки, зволоження, генерації пару, гідротранспорту, і т. і. Причому використання води для охолодження має масштаби, що значно перевершують масштаби всіх інших видів її споживання. Також вода використовується у якості сировини і входить до складу виробленої продукції.

Серед галузей промисловості, що характеризуються значними витратами води можна назвати паперову, целюлозну, текстильну, виробництво штучного волокна і ін.

4.1. Системи водозабезпечення промислових підприємств

Системи водопостачання промислових підприємств класифікують за способами використання води. Найбільш поширеними з них є прямоточні, оборотні та з повторним використанням води. Великі виробничі комплекси зазвичай мають комбіновані системи водопостачання, які включають перераховані вище системи в тій чи іншій комбінації.

Прямоточні системи (рис. 4.1 а) в даний час використовуються досить рідко. Зазвичай це буває, коли на промислових підприємствах вода входить до складу продукції або істотно змінює свій склад, в зв'язку з чим її повторне використання стає недоцільним. В останньому випадку стічна вода передається на очисні споруди і далі скидається у водойми.

У системах *повторного використання* (рис. 4.1 б) вода, що скидається одним з промислових споживачів (на рис. 4.1 б цех 1) може бути використана іншими (на рис. 4.1 б цех 2), що дозволяє зменшити обсяг води, що забирається з зовнішнього джерела.

Оборотні системи водопостачання (рис. 4.1 в) застосовуються, в основному, для охолодження обладнання, технологічних рідин та газів. В цих системах нагріту воду, що скидається підприємством охолоджують, інколи кондиціонують і подають для повторного використання. Слід зазначити, що оборотні системи не є замкнутими. Тобто в результаті зміни складу води її приходится частково скидати та замінювати свіжою.

На рис. 4.1 в наведено приклад *комбінованої системи* водопостачання, де в цеху 1 застосовано оборотну систему водоохолодження. Відпрацьована в ній вода подається у цехи 2 та 3 (елемент системи повторного використання води), де вона використовується у прямоточному режимі та після очистки скидається.

Для водомістких промислових підприємств, розташованих в межах міста, які можуть використовувати малоочищену або неочищену воду, зазвичай влаштовують самостійні (окремі від міського) виробничі водопроводи. Подібні водопроводи споруджують для груп підприємств, розміщених в одному районі міста.

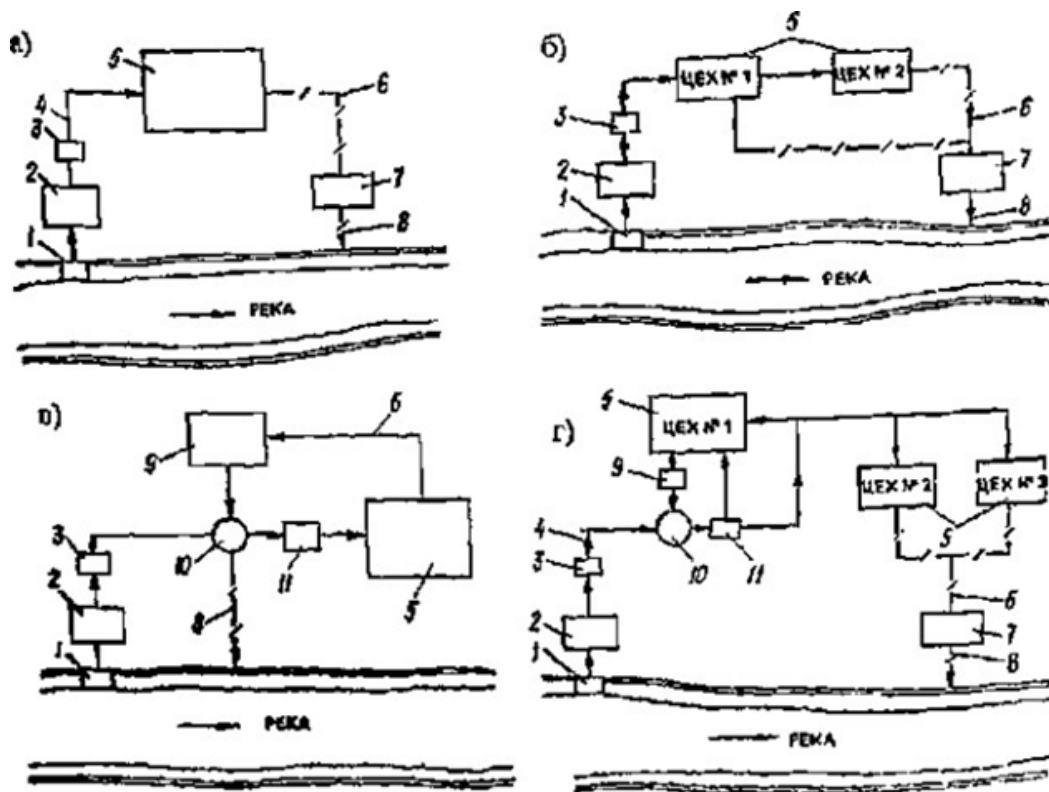


Рисунок 4.1 – Системи виробничого водопостачання: а - прямоточна; б - прямоточна з повторним використанням води; в - оборотна; г - комбінована:

1 – водозабір та насосна станція першого підйому; 2 – водоочисні споруди; 3 – насосна станція другого підйому; 4 – подача річкової води; 5 – промислове підприємство; 6 – скидання відпрацьованої води; 7 – станція очистки стічних вод; 8 – скидання води в річку; 9 – охолоджувач води; 10 – резервуар; 11 – насосна станція оборотної води

Іншим характерним типом об'єктів водопостачання є великі водоемні промислові підприємства, розташовані за межами міста. Водопроводи подібних об'єктів і житлового селища при ньому необхідно розраховані таким чином, щоб забезпечити витрати води на:

- виробничі потреби підприємства,
- господарсько-питні потреби населення житлового селища і робітників під час перебування їх на виробництві,
- на поливання заводської території і зелених насаджень, на гасіння пожежі на підприємстві та в селищі.

В залежності від якості використовуваної підприємством води можна влаштовувати як об'єднані, так і роздільні системи водопостачання на потреби виробництва, господарсько-питні та протипожежні потреби. Найчастіше протипожежні обов'язки покладають на систему господарсько-питних водопроводу, що має зазвичай велику розгалуженість на території підприємства. Іноді для цього використовують систему виробничого водопроводу, а на підприємствах з підвищеною небезпекою влаштовують окремі протипожежні водогони.

Іноді система виробничого водопостачання значно ускладнюється тим, що окремі виробничі споживачі, що входять до складу підприємства, пред'являють різні вимоги до якості води або до тиску, під яким вона надходить. Тому доводиться споруджувати кілька систем виробничих водопроводів.

На кожному промисловому підприємстві встановлюють норми водоспоживання та водовідведення. Необхідна для кожного виробництва кількість свіжої води, а також відпрацьованих вод, що утворюються, встановлюється технологічним розрахунком або приймається на підставі передового досвіду. Удосконалення норм водоспоживання ведеться в двох напрямках:

- 1) заміни частини свіжої на вже використану;
- 2) зменшення абсолютної кількості споживаної води за рахунок посилення технологічної дисципліни, впровадження маловодних і безводних процесів і ін.

4.2. Вимоги до якості і властивостей технічної води

Відповідно призначенням воду виробничого водопостачання можна розділити на чотири категорії:

- вода I категорії використовується для охолодження рідких і конденсації газоподібних продуктів в теплообмінних апаратах без дотику з продуктом; вода нагрівається і практично не забруднюється, можуть лише бути аварійні витіки рідких і газоподібних продуктів в воду при несправних теплообмінних апаратах;

- вода II категорії служить в якості середовища, що поглинає різні нерозчинні (механічні) і розчинені домішки; вода не нагрівається (збагачення корисних копалин, гідротранспорт), але забруднюється механічними і розчинними домішками;

- вода III категорії використовується так само, як і вода II категорії, але піддається нагріву (уловлювання і очищення газів в скруберах, гасіння коксу і т.п.);

- воду IV категорії використовують в якості екстрагента і розчинника реагентів (наприклад, при флотаційному збагачення природних копалин) і вона забруднена в основному розчинними і органічними речовинами.

Спільними для усіх категорій технічної води є наступні вимоги до її якості і властивостей.

Вода повинна бути нешкідливою для здоров'я обслуговуючого персоналу і не мати негативних органолептичних властивостей. Як норми ступінь санітарної безпеки може бути охарактеризована для використовуваних, в системах промислового водопостачання вод (природних, оборотних і очищених стічних), які не потребують дезінфекції або пройшли дезінфекцію хлором.

Вода, яка використовується для охолодження продукту або конструктивних елементів обладнання, не повинна виділяти механічних, карбонатних або інших сольових відкладень понад допустимої величини. Допустима концентрація суспензії з розміром твердих частинок до 0,05 мм в оборотній воді нор-

мується, проте допустимою величиною орієнтовно можна вважати швидкість відкладення суспензій (механічних і сольових) не більше $0,25 \text{ г}/(\text{м}^2\text{год})$ або шар $0,08 \text{ мм}$ в місяць. Воду, що не відповідає цим вимогам потрібно обробляти тим чи іншим способом.

Вода не повинна викликати точкової і виразкової корозії, а також рівномірної корозії металу зі швидкістю, що перевищує $0,09 \text{ г}/(\text{м}^2\text{год})$ і руйнування бетону. Якщо ці вимоги не витримуються застосовують більш стійкі матеріали або воду обробляють тим чи іншим способом.

Вода не повинна сприяти розвитку біологічних обростань теплообмінних апаратів і охолоджувачів оборотної води зі швидкістю, більшою $0,07 \text{ г}/(\text{м}^2\text{год})$ по повітряно сухій масі.

4.3. Водооборотні системи охолодження

Водооборотні охолоджувальні системи промислового об'єкта мають забезпечити зниження температури води, що циркулює, до температур, які відповідають оптимальним техніко-економічними показниками роботи об'єкта. Зниження температури води в охолоджувачах відбувається за рахунок передачі її тепла повітрю. За способом передачі тепла охолоджувачі, що застосовуються в системах оборотного водопостачання, поділяються на випарні і поверхневі. У випарних охолоджувачах зниження температури води відбувається в результаті її випаровування при безпосередньому контакті з повітрям. Вибір такого способу пов'язаний з його високою інтенсивністю. Так випаровування 1% води знижує її температуру на $6 \text{ }^\circ\text{C}$. У радіаторних охолоджувачах вода не має безпосереднього контакту з повітрям. Вона проходить всередині трубок радіаторів, через стінки яких відбувається передача її тепла повітрю.

Так як теплоємність і вологоємність повітря відносно невеликі, для охолодження води потрібно інтенсивний повітрообмін. Наприклад, для зниження температури води з 40 до $30 \text{ }^\circ\text{C}$ при температурі повітря $25 \text{ }^\circ\text{C}$ на 1 м^3 охолоджувальної води до випарного охолоджувача має бути підведено близько 1000 м^3 повітря, а до радіаторного охолоджувача, в якому повітря тільки нагрівається, але не зволожується, – близько 5000 м^3 .

Випарні охолоджувачі за способом підведення до них повітря поділяються на відкриті, баштові і вентиляторні. До відкритих охолоджувачів відносяться водосховища-охолоджувачі (або ставки-охолоджувачі), бризкальні басейни, відкриті градирні. У них рух повітря відносно поверхні води, що охолоджується, обумовлюється вітром і природною конвекцією. У баштових охолоджувачах – баштових градирнях – рух повітря викликається природною тягою, що створюється високою витяжною баштою. У вентиляційних охолоджувачах – вентиляторних градирнях – здійснюється примусова подача повітря за допомогою нагнітальних або відсмоктувальних вентиляторів.

Радіаторні охолоджувачі, які називають також «сухими градирнями», за способом підведення до них повітря можуть бути баштовими або вентиляторними. Для охолодження циркуляційної води до досить низьких температур потрібна велика площа контакту її з повітрям – близько 30 м^2 на $1 \text{ м}^3/\text{год}$ охоло-

дживальної води. Відповідно до цієї рекомендації приймають також площу дзеркала води водосховищ-охолоджувачів. В градирнях необхідна площа контакту створюється шляхом розподілу води над зрошувальними пристроями, за якими вона стікає під дією сили тяжіння у вигляді тонких плівок або крапель, що розбиваються при попаданні на рейки на найдрібніші бризки. У бризкальних басейнах для створення необхідної площі контакту з повітрям вода розбризкується спеціальними соплами на дрібні краплі, сумарна поверхня яких повинна бути достатньою для випарного охолодження

4.3.1. Процеси охолодження води в охолоджувачі

При охолодженні води в випарних охолоджувачах зниження її температури визначається спільною дією різних по фізичній природі процесів: теплопередачі при безпосередньому контакті води із (так званий «сухий» теплообмін), і поверхневого випаровування води (так званий «мокрый» теплообмін). Рушійною силою сухого теплообміну є різниця температур між повітрям та водою. Поверхнєве випаровування рідини відбувається, коли парціальний тиск пари, що міститься в повітрі, менше тиску насичення пари при температурі поверхні рідини.

Процес охолодження води не зупиняється, коли її температура знижується до температури навколишнього повітря. Якщо вологість повітря менше 100 % то охолодження буде тривати поки кількість теплоти, що приходить від повітря не зрівняється з кількістю теплоти, що втрачається за рахунок випаровування. Температура води, за якої настає така рівновага, називається температурою мокрого термометру. Це теоретична межа її охолодження за рахунок повітря заданої температури і вологості. Таким чином, при випарному охолодженні може бути досягнута температура води, нижча, ніж температура повітря.

Фактично ж воду в охолоджувачах не охолоджують до цієї межі. Наприклад, температура води, охолодженої у градирнях, зазвичай на 8 – 14 °С перевищує температуру мокрого термометра у повітрі, але може виявитися нижче температури повітря, яка вимірюється звичайним (сухим) термометром.

4.3.2. Водосховища-охолоджувачі

За призначенням, розташуванням і умовами живлення водосховища-охолоджувачі поділяються на такі групи:

- водосховища на водотоках, які використовуються не тільки для охолодження циркуляційної води, але і для сезонного або багаторічного регулювання стоку;
- водосховища-охолоджувачі на водотоках без регулювання стоку, що споруджуються лише для створення поверхні, достатньої для охолодження циркуляційної води;
- водосховища-охолоджувачі на природних озерах і ставках;
- наливні водосховища, що споруджуються поза водотоку, з підживленням з найближчих річок.



Рисунок 4.2 – Водойма-охолоджувач

На рис. 4.2 наведено зовнішній вигляд водосховища-охолоджувача. Його вільна поверхня не вся однаково ефективно бере участь у віддачі тепла, що надходить з нагрітою циркуляційною водою. Кількість тепла, що відводиться з одиниці площі тієї чи іншої ділянки поверхні водосховища, залежить від температури води на цій ділянці. При термічному розрахунку водосховища-охолоджувача необхідно представити картину розподілу температур по його поверхні. Тому необхідно представляти схему розподілу потоку теплої води від точки її скидання до місця її прийому.

Схема циркуляції в водосховище-охолоджувач визначається його формою, взаємним розташуванням водоскидних і водоприймальних споруд, а також споруд струменерозподілення та струменеспрямування. Для забезпечення роботи сучасних потужних електростанцій будують великі водосховища-охолоджувачі з глибинами, що досягають десятків метрів, і з об'ємами води в сотні мільйонів кубічних метрів. Для того, щоб створити площу активної зони, достатню для охолодження розрахункової витрати нагрітої на промисловому підприємстві води її скидають на значній відстані від водоприймальних споруд, а також застосовують струменеспрямовуючі і струменерозподільчі споруди.

Відомо, що вода має максимальну щільність при температурі 4°C , а при нагріванні її щільність зменшується. Передача тепла в водну товщу за рахунок молекулярної дифузії і теплопровідності досить слабка. Тому при прогріванні верхніх шарів води температура води на поверхні виявляється вище, ніж в глибинних шарах, і ця різниця досягає іноді 10°C і більше. При випуску теплої води на поверхню водосховища може виникнути стійка різниця температур води у верхніх і нижніх шарах і статися розшарування потоків, що мають різну щільність. У цьому випадку виникають верхнє тепле і глибинне холодне течії, які можуть бути різноспрямованими. Такі течії називаються плоскісними.

Дослідженнями останніх років встановлено, що у великих і глибоких водоймищах-охолоджувачах, які споруджуються, наприклад, для сучасних потужних теплоелектростанцій, можливе створення об'ємної циркуляції води. Для цього необхідно організувати прийом води тільки з глибинних шарів водосховища, а нагріту воду скидати на поверхню водосховища з малими швидкостями. Тоді можна розташовувати скидні споруди поблизу водоприймальних і навіть поєднувати їх в одній споруді. При цьому нагріта вода, що має меншу щільність, ніж холодна, розтікається по поверхні водоймища і, охолоджую-

чись, переходить в глибинні шари, які рухаються до водоприймальних споруд. Така схема циркуляції дозволяє відмовитися від довгих відвідних каналів і струменеспрямовуючих споруд при високому коефіцієнті використання площі водосховища.

4.3.3. Бризкальні басейни

Зовнішній вигляд бризкального басейну наведено на рис. 4.3. Обладнання для розбризкування води являє собою систему сопел, що розбризкують підведenu до них під напором



Рисунок 4.3 – Бризкальний басейн

воду. Сумарна поверхня крапель повинна бути достатньою для охолодження води, яке відбувається в результаті її випаровування при контакті з повітрям. Останнє поступає до бризкального пристрою завдяки вітру і природній конвекції.

Бризкальні пристрої розміщують над басейном. Глибину води в бризкальних басейні, зазвичай приймають рівною 1,5 м.

Бровка басейну повинна бути вище рівня води не менше ніж на 0,3 м. Покриття укосів і дна басейнів повинно запобігати фільтрації води. Навколо басейну влаштовують асфальтований майданчик шириною 3 – 5 м з ухилом в бік басейну.

4.3.4. Градирні

Необхідна для охолодження води площа поверхні її контакту з повітрям створюється в градирнях на зрошувальних пристроях (зрошувачах), які можуть бути крапельними, плівковими або комбінованими. Є градирні без зрошувачів, в яких над водозбірними басейнами усередині вежі встановлюються високонапорні розбризкуючі сопла. Ці так звані бризкальні градирні менш ефективні, ніж градирні з крапельним або плівковим зрошувачем, оскільки площа поверхні контакту води з повітрям в них відносно менше.

Зрошувач називається поперечноточним, якщо повітря проходить через нього горизонтально – поперек плівок або падаючих крапель води, що стікають вниз, і протитечієм, якщо повітря рухається в ньому вгору – назустріч воді, що стікає.

Зрошувальні пристрої градирень. Охолоджувана вода розподіляється над зрошувачем градирні по системі дерев'яних або залізобетонних лотків, в дні яких є отвори зі вставленими в них трубочками (гідравлічними насадками). Струмені води, що витікають з насадок, падають на розбризкуючі тарілки,

утворюючи фонтани бризок, що зрошують розташований нижче зрошувач. Гідравлічні насадки і тарілки виготовляють з порцеляни або пластмаси. Їх розташовують над зрошувачем з таким розрахунком, щоб факели бризок, створених сусідніми тарілками, перекривали один одного. Застосовують також напірний водорозподільний пристрій з нержавіючих труб, наприклад азбестоцементних. В цьому випадку вода розбризкується над зрошувачем за допомогою спеціальних низьконапірних сопел.

Крапельний зрошувач складається з великого числа дерев'яних рейок трикутного або прямокутного перетину, розташованих горизонтальними ярусами. При падінні крапель води з верхніх рейок на нижні утворюються факели дрібних бризок, що створюють велику поверхню контакту з повітрям.

Плівковий зрошувач складається з щитів, що встановлюються вертикально або під невеликим кутом до вертикалі. По поверхні щитів стікає вода, утворюючи плівку завтовшки 0,3 - 0,5 мм. Щити виконують з окремих дощок, що розташовуються горизонтально на деякій відстані одна від одної. Застосовують і суцільні щити з матеріалів, що добре змочуються, наприклад з азбестоцементних пресованих листів товщиною 6 - 8 мм. Для створення суцільної плівки на нижній кромці щита роблять трикутні вирізи (фестони), які збирають стікаючу воду в окремі струмки, які як би розтягують плівку по поверхні щита. При стіканні плівки зі щитів окремими цівками зменшується опір проході повітря під зрошувачем. Застосовують також зрошувачі комбіновані крапельно-плівкові.

При конструюванні зрошувача належить прагнути до зменшення опору руху повітря, так як це дає можливість збільшити витрату повітря через градирую і, отже, інтенсифікувати охолодження в ній води. У цьому сенсі плівковий зрошувач краще крапельного, так як він чинить менший опір руху повітря, однак для його виготовлення потрібно більша витрата матеріалів.

Постійний контакт з проточною теплою водою і вологим повітрям призводить до швидкого зносу дерев'яних конструкцій зрошувачів, тому термін їх служби невеликий і потрібні часті ремонти. В даний час поширення набули зрошувачі градирень, що виконуються з плоских або хвилястих азбестоцементних листів з несучим каркасом із збірних залізобетонних конструкцій.

Відкриті градири. Відкриті градири бувають двох типів: бризкальні і з крапельним зрошувачем. Перші являють собою невеликий бризкальний басейн 3 (рис. 4.4), огорожений з усіх боків жалюзійними ґратами 2, що перешкоджають значній втраті води за рахунок виносу бризок за межі градири. Для розбризкування води застосовують спрямовані вниз сопла 1 невеликої продуктивності, які розташовуються на висоті 4 - 5 м над рівнем рідини в басейні. Щільність зрошення для таких градирень приймають від 1,5 до 3 м³/год на 1 м².

Відкриті градири крапельного типу мають зрошувач з дерев'яних брусків, укладений в жалюзійні стінки, які виконуються зі щитів, що встановлюються під кутом 45 ° до вертикалі.

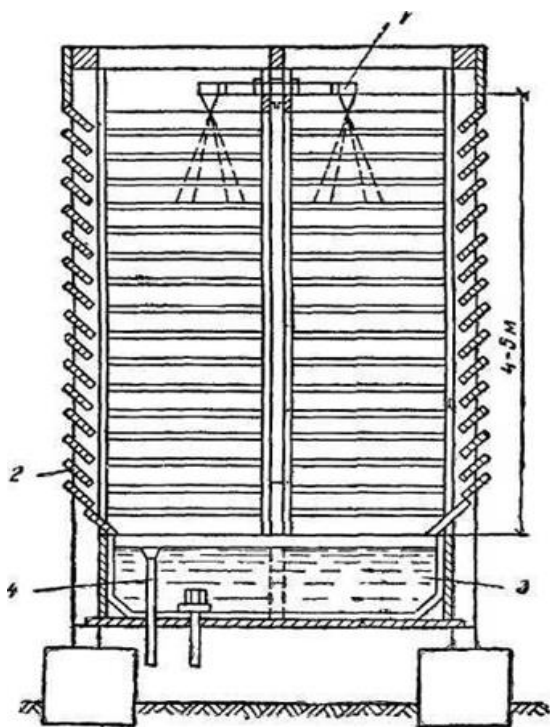


Рисунок 4.4 – Відкрита бризкальна градирня:

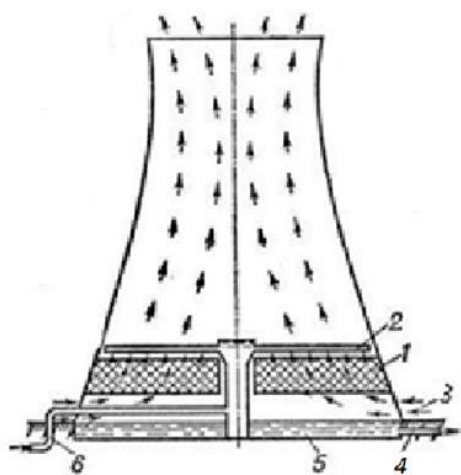
1 – розприскувач; 2 – жалюзійні ґрати; 3 – басейн;
4 – перелив

або усіченої багатогранної піраміди. Вежі великих градирень виконуються, як правило, у вигляді оболонок гіперболічної форми, яка найбільш раціональна по умовами стійкості і внутрішньої аеродинаміки.

Водорозподільний пристрій роблять у вигляді лотків з гідралічними насадками і розбризкувальними тарілочками або у вигляді системи труб з соплами. Щільність зрошення в таких градирнях приймається від 2 до 4 м³/год на 1 м².

Баштові градирні. Витяжні башти градирень служать для створення природної тяги за рахунок різниці густини зовнішнього повітря, що надходить в градирню, і нагрітого і зволоженого повітря, що виходить з градирні. Протитечійні зрошувачі 1 (см. рис. 4.5) розташовують в середині витяжної башти, а поперекоточні – кільцем навколо неї.

Башти градирень малої і середньої продуктивності можуть бути циліндричними або мати форму усіченого конуса



а



б

Рисунок 4.5 – Баштова градирня: а – схема; б – зовнішній вигляд:

1 – зрошувач; 2 – розподільювач води; 3 – вхід повітря; 4 – відвід води; 5 – резервуар; 6 – підвід води

Башта зазвичай спирається на рамну конструкцію (колонаду), між стійками з якої проходить повітря, що надходить в градирню. Внизу під зрошувачем градирні влаштовується водозбірний резервуар (басейн), що виконується з монолітного залізобетону з гідроізоляцією внутрішньої поверхні. Резервуар обладнується трубопроводом з лійкою для переливу надлишків води, а також випуском для його спорожнення.

Вода, що підлягає охолодженню, подається в водорозподільний пристрій 2 по стояках, розміщених зазвичай в центрі градирні. Часто в зв'язку з нерівномірним розподілом повітря по площі протитечійного зрошувача застосовують і диференційовану щільність зрошення, збільшуючи гідравлічне навантаження на периферії і зменшуючи її в центральній частині зрошувача. Взимку при зниженні гідравлічного навантаження зрошення центральній частині повністю відключають.

В даний час широко застосовуються протитечійні градирні продуктивністю до 30000 м³/год. Їх башти заввишки 100 м мають гіперболічну форму і виконуються з залізобетону або у вигляді металевих каркасів, обшитих алюмінієм. Зрошувачі цих градирень площею до 4000 м², як правило, монтуються з азбестоцементних листів, що встановлюються на каркасі зі збірних залізобетонних конструкцій.

Вентиляторні градирні. Є два основних типи вентиляційних градирень: баштові (рис 4.6 а), обладнані вентиляторами великої продуктивності, і секційні (рис 4.6 б), що складаються з ряду стандартних секцій, кожна з яких обслуговується окремим вентилятором.



а



б

Рисунок 4.6 – Зовнішній вигляд:

а - баштової вентиляторної градирні; б - однієї секції секційної градирні

На рис. 4.7 наведено схему баштової вентиляторної градирні. Порівнюючи її зі схемою баштової градирні рис 4.3 а можна помітити що єдине чим вони відрізняються – це вентилятор 6, якій натомість башти забезпечує продувку повітря крізь зрошувач. Також для зменшення виносу крапель води за межі градирні, що пов'язано з підвищеними швидкостями руху повітря в її зрошувачі, у вентиляторних градирнях застосовують бризковловлювачі 7 у вигляді жалюзійної решітки.

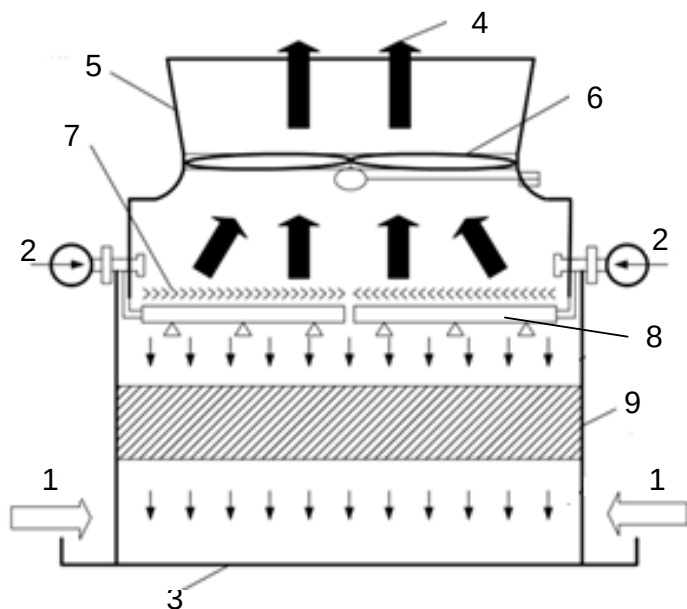


Рисунок 4.7 – Схема баштової вентиляторної градирні:

- 1 – зовнішнє повітря; 2 – тепла вода; 3 – басейн охолодженої води; 4 – повітря, насичене вологою; 5 – дифузор; 6 – вентилятор; 7 – бризковловлювач; 8 – розподільник води; 9 – зрошувач

У горловині башти одно-вентиляторних градирень над зрошувачем встановлюють великі вентилятори 6 з діаметром лопатей від 10 до 18 м. Вентилятор приводяться в дію електродвигуном через редуктор і гідромуфту, що служить для зміни частоти обертання вентилятора. Зниженням частоти обертання при сприятливих метеорологічних умовах досягається скорочення витрат електроенергії на привід вентиляторів.

Технологічні процеси деяких підприємств (наприклад, хімічних цехів) вимагають стабільної температури охолоджуючої води. У цих випадках на лініях труб охолодженої води встановлюють термопари, що впливають на гідромуфту.

Це дає можливість автоматично регулювати температуру охолодженої води.

Радіаторні охолоджувачі. За останні роки в зв'язку зі зростаючим дефіцитом прісної води в багатьох промислово розвинених регіонах почали отримувати поширення радіаторні охолоджувачі, так звані сухі градирні. У них вода, яка охолоджується, на відміну від випарних охолоджувачів не має безпосереднього контакту з повітрям, тому не відбувається її втрат на випаровування і на винесення крапель повітряним потоком.

Суха градирня це теплообмінник зроблений з алюмінієвих трубок з насадженими на них алюмінієвими ребрами. Необхідність ребрення трубок викликана низьким коефіцієнтом тепловіддачі від повітря до стінки трубки. Ребрення збільшує зовнішню поверхню трубки, компенсуючи цей недолік. Зовнішнє повітря (охолоджувач) продувається крізь теплообмінник осьовим або

відцентрові вентилятором, У зв'язку з малою теплоємністю повітря потрібна велика його витрата. У деяких випадках вентилятори оснащуються регуляторами швидкості обертання для точного підтримання температури рідини.

Зазвичай сухі градирні встановлюються на відкритому повітрі, проте деякі виробники випускають моделі і для внутрішньої установки, розраховані на підключення до систем повітроводів, що дозволяє використовувати їх у разі, коли з яких-небудь причин зовнішня установка неможлива (підземні приміщення, бункери, тощо).

Водний режим у системах оборотного водопостачання. В результаті випаровування в охолоджувачах частини циркуляційної води в ній підвищується концентрація мінеральних солей. При певних концентраціях солі тимчасової жорсткості (головним чином карбонат кальцію CaCO_3) можуть утворювати накип на теплообмінних поверхнях апаратів різко знижуючи коефіцієнт теплопередачі. Це погіршує експлуатаційні показники обладнання. Найбільш поширеним методом запобігання випаданню солей жорсткості є постійне продування системи оборотного водопостачання, тобто скидання частини циркуляційної води.

Втрати води на продувку, винесення і випаровування повинні бути компенсовані подачею в систему свіжої (додаткової) води. Сольовий зміст циркуляційної води стабілізується, якщо кількість солей, що видаляються з системи під час продування і в результаті віднесення води з охолоджувачів, буде дорівнює кількості солей, принесених з додатковою водою:

Продування системи ефективна лише в тому випадку, коли жорсткість додаткової води значно нижче жорсткості, допустимої за умови не випадання солей при нагріванні циркуляційної води в теплообмінній апаратурі. В іншому випадку буде потрібно настільки велика витрата додаткової води, що подача її виявиться неекономічною і вигідніше буде застосувати хімічну обробку води (фосфатування, підкислення, пом'якшення або декарбонізації).

Крім солей жорсткості в трубках теплообмінних апаратів можуть відкладатися продукти кисневої корозії, механічні суспензії і біологічні організми, що містяться у воді. Це також різко знижує коефіцієнт теплопередачі апаратури. Тому необхідно вживати заходи щодо запобігання проникненню в теплообмінні апарати механічних і біологічних забруднень. Очищення додаткової води, що надходить в систему, від механічних домішок здійснюється, як правило, за допомогою сіток, а іноді відстійників, механічних або піщаних фільтрів.

Порівняно висока протягом усього року температура циркуляційної води в системах оборотного водопостачання створює сприятливі умови для розвитку біологічних організмів, що надходять у систему з додатковою водою. Ці організми розвиваються та відкладаються у трубках теплообмінників, а також в водоводах і на зрошувачі градирень. Для боротьби з біологічним обростанням застосовують хлорування. Утворення водоростей можна попередити обробкою води мідним купоросом. Бактеріальному обростанню запобігають одночасним введенням мідного купоросу та додатковим хлоруванням води.

У системах оборотного водопостачання з водосховищами-охолоджувачами біологічне забруднення трубок теплообмінних апаратів пов'язано з проникненням в трубки водоростей («Цвітіння» води). Спостереження показують, що цвітіння води поширюється на глибину до 2 – 3 м від поверхні, тому для запобігання або ослаблення біологічного забруднення трубок теплообмінних апаратів слід організовувати забір охолодженої води з водосховища з глибини більше 3 м.

Водний баланс водосховища-охолоджувача визначається припливом або підкачкою в нього свіжої води, фільтрацією через ложе ставка, тіло греблі і нещільності затворів, природним випаровуванням, додатковим випаровуванням від підігріву циркуляційної води і безповоротними відборами на промислові та питні потреби.

Якщо водосховище непротічні або слабо проточних, щоб уникнути неприпустимого збільшення мінералізації води доводиться здійснювати його продування. З метою продувки раціонально скидати частину води відбираючи її з глибинних найбільш мінералізованих шарів водосховища.

4.4. Пом'якшення води

Пом'якшенням води називають процес зниження її жорсткості, обумовленої наявністю розчинених солей (головним чином гідрокарбонатів) кальцію і магнію. Ці солі часто називають змінною жорсткістю, а усі інші, що присутні у воді, – постійною жорсткістю. Існує багато виробництв, в першу чергу – генерація пару, де, за умов підвищення температури та взаємодії з лужними сполуками, гідрокарбонати кальцію та магнію перетворюються у практично нерозчинні карбонати які випадають у осад. Він забруднює апаратуру та технологічні розчини погіршуючи якість продукції. Для запобігання цьому і застосовують пом'якшення води.

4.4.1. Методи пом'якшення води

Існує кілька методів зниження жорсткості води, вибір яких проводиться виходячи з вимог до якості зм'якшування води (глибини пом'якшення) і техніко-економічних обґрунтувань. У практиці водопідготовки найбільшого поширення набули такі методи пом'якшення води:

- реагентний, сутність якого полягає в зв'язуванні іонів кальцію і магнію хімічними речовинами в малорозчинні і такі, що легко видаляються з'єднання – карбонат кальцію і гідроокис магнію (часто реагентний метод пом'якшення води називають методом осадження). В залежності від застосованого реагенту розрізняють вапняний, содовий, їдконатрієвий і фосфатний способи реагентного пом'якшення води;

- катіонітний, заснований на здатності іонообмінних матеріалів (в даному випадку катіонітів) обмінювати присутні в воді катіони кальцію і магнію на катіони натрію або, які не надають воді властивості жорсткості та якими попередньо заряджається катіоніт. Обмін іонів натрію називається На-катіонуванням, а іонів водню – Н-катіонуванням;

– термохімічний, при якому реагентне пом'якшення здійснюють зазвичай із застосуванням вапна і соди або рідше їдкого натру і соди при температурі води понад 100 °С (до 165 °С). Термохімічний метод пом'якшення застосовується в основному при підготовці води для живлення котлів бо в цьому випадку утилізується майже все тепло, витрачений на підігрів води.

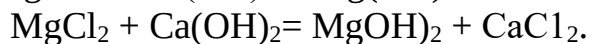
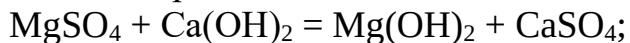
4.4.2. Реагентне пом'якшення води

Глибина пом'якшення вапнуванням визначається розчинністю карбонату кальцію і гідроксиду магнію. При спільній присутності у воді кальцію і магнію теоретично їх залишкова мольна концентрація еквівалентів (глибина пом'якшення) в залежності від температури становить від 0,55 мг-екв/дм³ до 0,23 мг-екв/дм³. Практично вода, пом'якшена вапняним або вапняно-содовим способом, має залишкову мольну концентрацію еквівалентів солей жорсткості не меншу ніж 0,5-1 мг-екв/дм³ через здатність карбонату кальцію і гідроксиду магнію утворювати пересичені розчини.

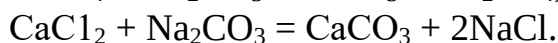
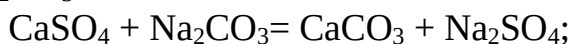
Фосфатний метод застосовується зазвичай після вапняно-содового пом'якшення. Застосування барієвого методу обмежується дефіцитністю і високою вартістю барієвих солей

Вапняний спосіб (декарбонізації води) застосовують, коли необхідно знизити лужність вихідної води. При цьому відбувається еквівалентне зниження жорсткості. При введенні в воду гідроксиду кальцію спочатку відбувається зв'язування розчиненої у воді вуглекислоти з утворенням гідрокарбонатних іонів. Потім гідрокарбонатні іони, реагуючи з присутніми в розчині катіонами кальцію, переходять в карбонатні та випадають в осад. Паралельно магній осідає у вигляді гідроксиду магнію. Зазвичай одночасно з вапнуванням води проводять і її коагулювання. У якості коагулянту, як правило, використовують закисне сірчаноокисле залізо – залізний купорос.

Зі способів реагентного пом'якшення води найбільшого поширення набув вапняно-содовий завдяки більш широким межам його застосування. Дозування в воду вапна викликає осадження магнію у вигляді Mg(OH)₂, але жорсткість води при цьому не зменшується, так як відбувається лише заміна магнієвої жорсткості кальцієвої відповідно до реакціями:



Жорсткість некарбонатна, обумовлена в основному наявністю розчинних сполучень кальцію, усувається реагентом, що містить аніони CO₃²⁻, зазвичай кальцинованої содою Na₂CO₃:



Карбонат кальцію, що утворився по цим реакціям – нерозчинна сполука, що випадає в осад, а у воді залишаються лише розчинні солі.

Фосфатування зазвичай застосовується з метою більш глибокого пом'якшення води (до 0,04 - 0,05 мг-екв/дм³), попередньо обробленої іншими способами при температурі води вище 100 ° С. При введенні в оброблювану воду

тринатрійфосфату або динатрійфосфату натрію протікають реакції утворення важкорозчинних фосфорнокислих солей кальцію – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ і магнію – $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, що випадають в осад та можуть бути видалені.

Установки для реагентного пом'якшення води. Установки для реагентного пом'якшення води зазвичай складаються з наступних основних елементів:

- пристроїв для приготування розчинів;
- змішувачів;
- камер утворення пластівців;
- апаратів, в яких завершується пом'якшення води і відбувається часткове її освітлення;
- освітлювальних фільтрів.

Вапно зазвичай дозують у вигляді вапняного розчину або вапняного молока (суспензії гідроксиду кальцію у його насиченому розчині). Для приготування освітленого насиченого розчину вапна на установках малої продуктивності (до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$) застосовують сатуратори. Сатуратор – це безперервно діючий апарат, що виконує також роль дозатора вапняного розчину. Застосування освітленого насиченого розчину вапна дозволяє здійснювати просте і точне його дозування.

Однак на великих установках з економічних міркувань від застосування сатураторів відмовляються і замість насиченого розчину вапна, використовують вапняне молоко. Для приготування молока використовують баки зі спеціальними пристроями, що запобігають розшаруванню вапняної суспензії і розчину. Такими пристроями є лопатеві або гідравлічні мішалки і система дірчастих труб для подачі стисненого повітря.

Важливим елементом дозуючих пристроїв на водопом'якшувальних установках є водорозподільник, на якому вода, що обробляється, ділиться водозливами з постійною або регульованою шириною порога на кілька потоків (в підігрівач, в сатуратор, в дозатор). Розподільник підтримує постійним співвідношення між витратами (потокami) при зміні величини загальної витрати води. Відокремлені таким чином в розподільнику потоки використовуються для автоматичного дозування.

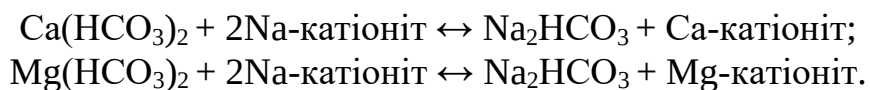
Освітлювач є основним апаратом водопом'якшувальної реагентної установки. В ньому вода змішується з реагентами (вапном, коагуоянтами) та відбувається первинне розшарування на освітлену воду та концентровану суспензію (осад) нерозчинних солей кальцію та магнію у воді. Для остаточного отримання прозорої пом'якшеної води застосовують звичайні швидкі фільтри (див. рис. 3.28).

4.4.3. Основи катіонувального пом'якшення води

Пом'якшення води за методом іонного обміну ґрунтується на властивості катіонитів обмінювати катіони, якими вони попередньо «заряджені» на катіони кальцію і магнію, що містяться у воді. Залежно від того, яким обмінним іоном «заряджений» катіонит: натрієм, воднем або амонієм – розрізняють процеси Na^+ , H^+ та NH_4^+ катіонування. Реакція обміну між катіонитом і іонами вихідної

води, що є розчином солей, обумовлюється дифузією іонів з розчину всередину катіоніта і з катіоніту в вихідну воду. Процес підпорядкований законами дифузії і дії мас.

При пом'якшенні води, що містить іони кальцію і магнію, Na-катіонуванням кальцій і магній будуть дифундувати в катіоніт; в свою чергу, натрій з катіоніту дифундує в воду. В результаті обмінної реакції кальцій і магній займуть місце витісненого натрію в катіоніті, а натрій займе місце магнію і кальцію в пом'якшеній воді. Обмін іонів між катіонітом і розчинами (водою) відбувається еквівалентно: з катіоніту іони Na^+ витісняються в кількості, еквівалентній кількості іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , що поглинаються з розчину. Процес катіонітної обробки води можна умовно описати наступними рівняннями:



Таким чином малорозчинні гідрокарбонати кальцію, та магнію, що можуть утворювати осади, замінюються у воді легко розчинними карбонатами натрію.

В якості катіонітів в даний час застосовуються тільки штучно одержані матеріали. З числа практично використовуваних катіонітів в першу чергу слід вказати сульфвугілля – поліфункціональний катіоніт, що отримують сульфуванням коксівного кам'яного вугілля. За зовнішнім виглядом сульфовугілля – чорний зернистий матеріал, що складається з гранул неправильної форми розміром від 0,25 до 1,2 мм. Обмінна здатність сульфовугілля становить від 200 до 300 мг-екв/дм³ в залежності від умов застосування. Сульфовугілля використовують для Na^+ , H^+ та NH_4^+ катіонування. Завдяки доступності і дешевизні сульфоуголь набув широкого застосування для водопідготовки в теплоенергетиці.

Крім сульфоугля в даний час широко застосовують синтетичні іонообмінні смоли – іоніти, що представляють собою високомолекулярні сполуки, які складаються з молекул-гігантів з величезною молекулярною масою. Іоніт – тверда, практично нерозчинна у воді речовина, механічно міцна і хімічно стійка. Синтетичні катіоніти мають в кілька разів більшу обмінну здатність, ніж сульфовугілля. Наприклад, обмінна здатність КУ-2-8 при Na-катіонуванні становить 800-900 мг-екв / л.

Подібні процеси обміну здійснюються на практиці в динамічних умовах фільтруванням зм'якшування води через шар набряклого катіоніту, завантаженого у спеціальних фільтрах. В процесі пом'якшення води Na-катіонуванням вміст кальцію і магнію в воді може бути знижено до дуже малих величин: при одноступеневому – до 0,03 - 0,05 мг-екв/дм³ і при двоступеневому – до 0,01 мг-екв/дм³.

Катіонувальне пом'якшення води проводять шляхом фільтрування жорсткої води крізь шар катіоніту. При цьому останній поступово втрачає здатність зм'якшувати воду. Вся обмінна здатність катіоніту буде вичерпана тоді, коли

всі його активні групи витратять іони натрію і будуть заміщені іонами кальцію і магнію.

Регенерація Na-катіоніту досягається пропусканням через нього розчину з великим вмістом натрію. Наприклад 10-ти процентного розчину кухонної солі. В процесі фільтрування через катіоніт розчину NaCl іон натрію витискає з активних груп катіоніту з утворенням хлористих солей кальцію і магнію, які скидаються в дренаж, а регенований катіоніт у подальшому відмивають від продуктів регенерації.

У процесі H-катіонування одночасно з пом'якшенням вихідної води усувається її природна лужність внаслідок вторинних процесів. Однак отримана в цьому процесі вода має низьке значення рН, так як всі некарбонатні солі різних присутніх в воді катіонів перетворюються при H-катіонуванні у відповідні кислоти (в основному HCl і H₂SO₄). Кислотність води в цьому процесі залежить від глибини її H-катіонування, тобто від повноти обміну катіонів металів на катіон водню. Регенерація H-катіоніту досягається пропусканням через нього розчину сірчаної або соляної кислоти.

Найбільше практичне застосування знайшло поєднання процесів Na- і H-катіонування. У цьому випадку може бути досягнута необхідна споживачеві величина лужності або кислотності завдяки взаємній нейтралізації кислотої і лужної води. Процес H-Na-катіонування може здійснюватися за однією з описаних нижче схем:

- Паралельне H-Na-катіонування застосовують для вихідної води з малою некарбонатною жорсткістю. При цьому частина води пропускається через H-катіонітний, а інша частина – через Na-катіонітний фільтр. Потім обидва фільтрати змішуються. В результаті можна отримати воду з дуже малою жорсткістю і близькою до нульової лужністю. Вуглекислота, що утворюється при взаємодії Na-катіонованої води з H-катіонованою – видаляється у спеціальних дегазаторах.

- Послідовне H-Na-катіонування зазвичай застосовують для пом'якшення води з відносно високою жорсткістю. При цьому частина оброблюваної води пропускається через H-катіонітний фільтр, потім змішується з іншою частиною води, пропускається через видалитель вуглекислого газу (дегазатор) і, нарешті, вся суміш пропускається через Na-катіонітний фільтр.

- Спільне H-Na-катіонування здійснюється в одному фільтрі. При цьому верхній шар катіоніту у фільтрі працює за методом H-катіонування, а нижній – Na-катіонування. Для остаточного пом'якшення фільтрату після H-Na-катіонування застосовують додатковий Na-катіонітний фільтр (так званий Na-катіонітний фільтр другого ступеня).

Катіонітові методи дозволяють досягти досить глибокого пом'якшення води - до 0,01 мг-екв / л і зниження лужності до 0,35 мг-екв / л.

4.4.4. Установки для катіонітного пом'якшення води

Схеми Na-катіонування. Існують технологічні схеми установок Na-катіонування води, в яких у залежності від якості вихідної води передбачається

попередня обробка або вона відсутня, Попередня обробка води включає в себе коагулювання, вапнування з висвітленням в освітлювачах і подальше фільтрування на швидких фільтрах.

На рис. 4.8 представлена найбільш проста технологічна схема установки для пом'якшення води методом Na-катіонування без попередньої обробки води. В напірні фільтри Φ завантажений катіонобмінний матеріал, наприклад сульфувугілля. Вода, що підлягає обробці подається по трубі 1 на фільтри і проходить зверху вниз крізь шар сульфувугілля зі швидкістю 10-25 м/год в залежності від вихідної жорсткості. Пом'якшена вода відводиться по трубах 2 до споживача. На час регенерації катіоніту фільтри по черзі вимикають з роботи.

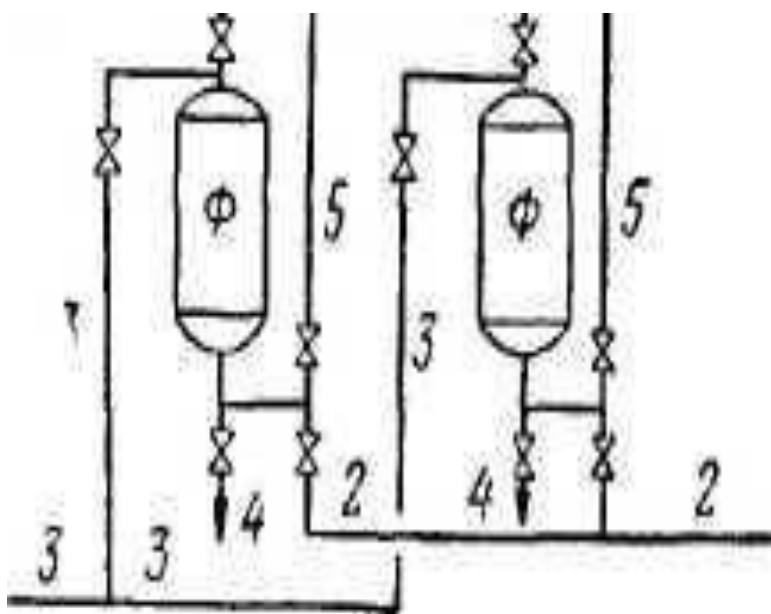


Рисунок 4.8 – Схема Na-катіонування:

1 – подача свіжої води; 2 – відвод пом'якшеної води;
3 – подача розсолу; 4 – скидання розсолу; 5 – подача
води для розпушування катіоніту

Регенераційний розчин кухонної солі концентрацією 1,5-8 % подається з солерозчинника на фільтр по трубі 3 і скидається в дренаж по трубі 4. Швидкість пропускання регенераційних розчинів становить 3-5 м/год.

Процес регенерації включає в себе наступні операції:

- розпушування катіоніту вихідною водою, що подається по трубі 5 в фільтр, який проходить від низу до верху;
- регенерація катіоніту;
- відмивання катіоніту вихідною водою (по трубах 1, 4) від продуктів регенерації та не використаних регенераційних розчинів.

Відмивання Na-катіонітного фільтру закінчується при зниженні жорсткості фільтрату до 0,1 мг-екв/дм³, після чого фільтр включається в робочий цикл.

При продуктивності пом'якшувальних установок більше 10 м³/год приймається «мокре» зберігання солі. Сіль вивантажують в бункер мокрого зберігання, туди ж подають воду через бачок з поплавковим клапаном, автоматично підтримує постійний рівень. Концентрований розчин (26 %) відводиться з відсіку, відокремленого від бункера дірчастою дерев'яною перегородкою, в мірник. Завдяки фільтруванню через тверду сіль розчин набуває прозорість. Регенераційний розчин необхідної концентрації готують в ежекторі.

Схеми Н-Na-катионування. На рис. 4.9 показана принципова схема паралельного Н-Na-катионування. Фільтр Φ_1 завантажений катіонітом в Na-формі, а фільтр Φ_2 – катіонітом в Н-формі. Вихідна вода подається по трубах 1 паралельно на Na- і Н-катионітні фільтри. Змішуючи в певній пропорції лужні 2 і кислі 3 фільтрати, можна отримати практично повністю пом'якшену воду заданої лужності. В дегазаторі 4 вода продувається повітрям від низьконапірного вентилятора 5, звільняється від вуглекислоти, стікає в бак 6 і відцентровим насосом 7 подається споживачеві. Для регенерації виснажених Na-катионітних фільтрів в баку 8 готується 6 – 10 %-ний розчин NaCl, що подається потім насосом 9 по трубі 10 в фільтр. Для регенерації виснажених Н-катионітних фільтрів в ежекторі 11 з концентрованої сірчаної кислоти, яка подається по трубі 12, готується 1 – 1,5 %-ний регенераційний розчин сірчаної кислоти. Відмивні води і перший фільтрат скидають в дренаж по трубах 13. Регенераційний розчин сірчаної кислоти подається в фільтр по трубі 14.

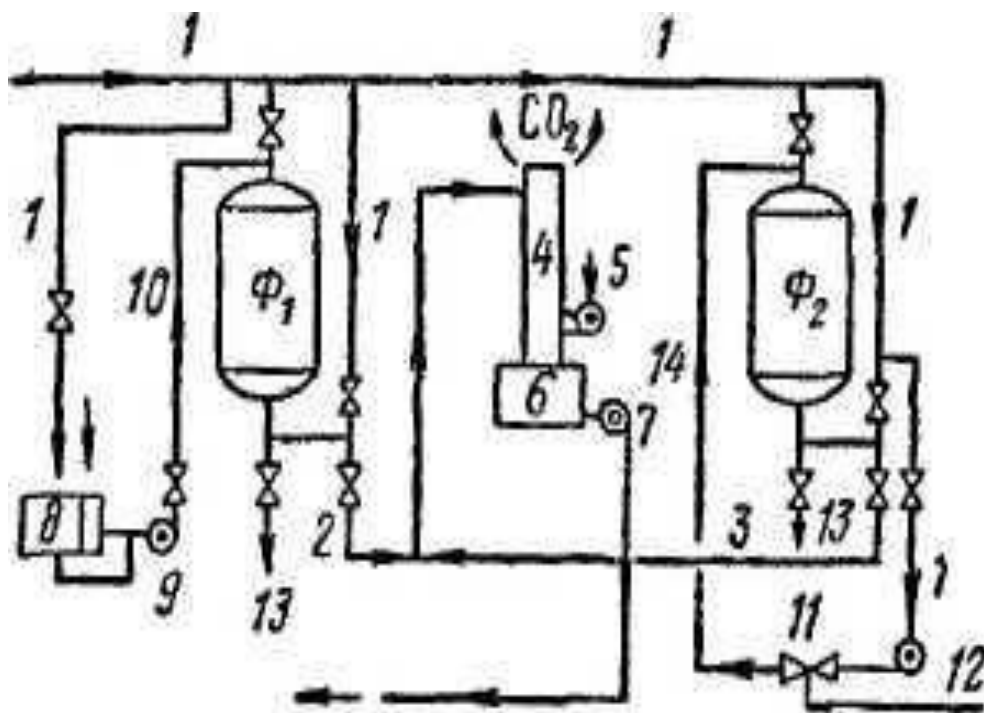


Рисунок 4.9 – Схема Н-Na-катионування:

1 – вихідна вода; 2 – лужні фільтрати; 3 – кислі фільтрати; 4 – дегазатор; 5 – вентилятор; 6, 8 – бак; 7, 9 – насос; 10 – розсіл; 11 – ежектор; 12 – концентрована H_2SO_4 ; 13 – дренаж; 14 – розбавлена H_2SO_4

льно на Na- і Н-катионітні фільтри. Змішуючи в певній пропорції лужні 2 і кислі 3 фільтрати, можна отримати практично повністю пом'якшену воду заданої лужності. В дегазаторі 4 вода продувається повітрям від низьконапірного вентилятора 5, звільняється від вуглекислоти, стікає в бак 6 і відцентровим насосом 7 подається споживачеві.

Для регенерації виснажених Na-катионітних фільтрів в баку 8 готується 6 – 10 %-ний розчин NaCl, що подається потім насосом 9 по трубі 10 в фільтр. Для регенерації виснажених Н-катионітних фільтрів в ежекторі 11 з концентрованої сірчаної кислоти, яка подається по трубі 12, готується 1 – 1,5 %-ний регенераційний розчин сірчаної кислоти. Відмивні води і перший фільтрат скидають в дренаж по трубах 13. Регенераційний розчин сірчаної кислоти подається в фільтр по трубі 14.

При спільному Н-Na-катионуванні один і той же фільтр служить для Н- і Na-катионування. В цьому випадку регенерація виснаженого фільтра здійснюється наступним чином. Спочатку на виснажений катіоніт подається деяка кількість регенераційного розчину кухонної солі 6 – 10 %-ної концентрації, а потім 1 – 1,5 %-ний розчин сірчаної кислоти з проміжним відмиванням катіоніту між регенераціями. В результаті верхні шари катіонітного завантаження будуть мати (переважно) обмінні іони водню, а нижні – натрію.

4.5. Основи знесолення води

Знесолення – усунення з води по можливості всіх розчинених у ній солей. Зазвичай проводиться до солевмісту в кілька міліграмів або навіть частки

міліграма на 1 дм³ в залежності від вимог споживачів. В даний час найбільш поширеним способом визначення ступеня чистоти води є її оцінка по питомій електричній провідності або по зворотній величині питомого опору. Слід зауважити, що поширення цього способу зобов'язано виключно його простоті та не відображає наявності в сухому залишку органічних сполук і нейтральних молекул.

Знесолення води може бути досягнуто одним з таких методів:

- дистиляцією у випарник (термічний метод);
- іонним обміном (іонітний метод).
- електродіалізу (електрохімічний метод)

Останній метод є дуже перспективним. Знесолення проводиться у багатоканальних електродіалізаторах з осередками, заповненими спеціальними сумішами іонітів.

4.5.1. Знесолення води дистиляцією

Для знесолення води дистиляцією (найбільш старий метод знесолення) застосовують випарники різних типів. Вони розрізняються продуктивністю, конструкцією і видом споживаної енергії. Зазвичай застосовують електричні або парові дистилятори. Випарники представляють собою котли низького тиску, в яких вода із певним вмістом солі кипить, утворюючи бідний солями пар. Конденсат цього пару (дистилят) і є знесоленою водою. При цьому солі, що містилися у свіжій воді, залишаються в ній у процесі кипіння, їх концентрація зростає. Тому концентрат із значним солевмістом безперервно або періодично скидається та замінюється свіжою водою.

Для отримання води більшою мірою чистоти необхідно забезпечити повільне кип'ятіння, щоб дуже малі краплі солоної води, що утворюються під час кипіння, не виносилися паром і не потрапляли в дистилят. З метою зменшення витрат енергії та, відповідно обігових грошей, дистиляційні установки виконуються багатоступінчастими, де пар, що утворився на першій ступені, використовується у якості теплоносія для другої ступені і так далі. Однак зі збільшенням числа ступенів випаровування збільшується сумарна площа поверхні нагрівання апаратів і, відповідно, зростають капітальні витрати. Оптимальне число ступенів випаровування і інші показники установки зазвичай вибирають шляхом порівняння розрахункових варіантів. Одноступінчасті випарні установки (дистилятори) застосовують при невеликій потребі у знесоленій воді (не більше 2 -3 м³/год).

Живильною водою випарників, призначених для отримання глибоко знесоленої води, служить прісна вода. Для запобігання утворенню на теплообмінних поверхнях накипу CaCO₃ і Mg(OH)₂ воду обробляють на H-Na-катионітних фільтрах або підкислюють еквівалентною природної лужності кількістю кислоти з метою руйнування бікарбонатів.

На підприємствах по виробництво електроніки, зокрема, напівпровідників і в інших подібних випадках застосовують знесолену воду особливого ступеня чистоти (ОСЧ) з вмістом розчинених солей не більше 0,02 мг/дм³. Ця

вода повинна бути практично вільна від мінеральних, органічних і біологічних домішок. Слід зазначити, що для отримання знесоленої води «ОСЧ» випарники, теплообмінники, трубопроводи і арматура повинні виготовлятися з прозорого кварцу або платини. Інші матеріали і метали для них не придатні.

4.5.2. Опріснення води

Багато країн відчувають нестачу в прісній воді. Поряд з країнами, розташованими в безводних районах земної кулі – Кувейт, Алжир, Марокко і ін. до них відносяться навіть такі країни, як США. За наявними даними 1/3 населення земної кулі проживає у країнах із недостатніми ресурсами прісної води.

У рекомендаціях Всесвітньої організації охорони здоров'я зазначено, що допустимі межі солоності питної води становлять 500 частин на мільйон (ppm), а в окремих випадках вона може досягати 1000 ppm. Більшість води на Землі має солоність до 1 %, а морська вода може перебувати в діапазоні 3,5 – 4,5 % через розчинені в ній солі.

Деякі райони Південної України і Донбасу, маючи найбільші мінерально-сировинні ресурси, не мають джерел прісної води. Разом з тим ряд районів нашої країни має великі запаси підземних вод, що не використовуються для потреб водопостачання, через неприйнятно високий вміст розчинених солей. Ці води можуть стати джерелами водопостачання за умови їх опріснення. Методи, що застосовуються у техніці опріснення солоних вод можуть бути з успіхом використані для повернення природі використаної води, не погіршуючи стану прісних водойм.

Опріснення – це техніка, при якій надлишок солей видаляється з морської або солонуватої води, перетворюючи її на безпечну питну або придатну для використання воду.

Методи опріснення води.

У досить великому списку наявних технологій опріснення можна виділити дві найбільш поширені групи: термічні та мембранні методи. У кожній з цих груп є по декілька різних способів реалізації процесу видалення з води надлишку солей. Поряд з ними обмежене застосування має метод виморожування, бо вимагає великих витрат енергії або на заморозку або на розморожування льоду, і іонний обмін, бо іонообмінні смоли мають занадто маленький ресурс, а також вимагають регенерації розчинами кислот і лугів. Зазначене різноманіття методів пояснюється тим, що жоден з них не може вважатися універсальним, прийнятним для будь-яких конкретних місцевих умов.

До 1980-х років переважну більшість (більш ніж 80 %) всієї знесоленої води отримували саме термічними методами. Паритету між термічними та мембранними методами було досягнуто на межі віків у 2000-му році. Сьогодні частка виробництва води заводами на основі мембран становить близько 85 %.

Термічні методи.

Метод дистиляції є найбільш вивченим і поширеним методом опріснення солоних, особливо морських вод. Цей метод доцільний в тих випадках,

коли в наявності є велике джерело дешевого тепла і велика водойма вихідної води.

Поєднання дистиляційної установки з тепловою електростанцією на мінеральному або ядерному паливі, так звана багатоцільова енергетична установка, дозволяє забезпечити промисловий район усіма видами енергетичних послуг за мінімальною собівартістю при найбільш раціональному використанні палива. У зв'язку з тим що проста суміш дистиляту і мінералізованої (підземної або морської) води не дає води необхідної якості, розроблена і впроваджена спеціальна технологія приготування питної води з суміші дистиляту і мінералізованої води.

Основні труднощі опріснення дистиляцією полягає в запобіганні утворення накипу на теплообмінних поверхнях. Утворення відкладень (накипу) веде до збільшення витрати тепла і електроенергії, знижує продуктивність дистиляційної установки. Викликається їх утворення наступними умовами. У морській або іншій солоній воді міститься багато іонів, які здатні утворювати важкорозчинні з'єднання внаслідок випаровування води і при підвищенні температури. До важкорозчинних відносяться, в першу чергу, з'єднання карбонату кальцію і гідрату окису магнію. Сульфат кальцію (гіпс) CaSO_4 може кристалізуватися при підвищенні температурі вище 100°C у вигляді кристалогідратів. Сутність методів запобігання утворення накипу зводиться до усунення одного або декількох умов, що викликають її утворення. Один з найбільш поширених методів уповільнення утворення накипу з карбонату кальцію – введення до води, що потребує опріснення, поліфосфатів натрію. За кордоном найбільш поширеним є метод контролю рН або стабілізації підкисленням. Сутність цього методу зводиться до усунення карбонатного і гідрокарбонатного іонів шляхом введення у вихідну воду стехіометричної (теоретично необхідної) кількості кислоти (зазвичай H_2SO_4) і проведення дегазації з метою видалення CO_2 . Пом'якшення води за допомогою йонообмінних смол є одним з ефективних методів попередження утворення накипу, проте він дорожче попередньої кислотної обробки води.

Широке застосування набув метод запобігання накипоутворенню за допомогою «затравки» (модифікація так званого методу контактної стабілізації Ланжелє). Цей метод полягає в наступному. У вихідну воду перед її надходженням на установку випаровування вводять дрібнодисперсну речовину, склад якої відповідає накипу, Сполуки, що утворюють накип, кристалізуються на частинках затравки, а поверхні теплообмінних апаратів залишаються чистими.

У фахівців немає однастайності в питанні вибору типу дистиляційної установки, але розрахунки показують, що економічність їх приблизно однакова. Слід зазначити, що вартості тепла для будь-якої визначеної опріснювальної установки відповідає своє оптимальне число ступенів. Тобто таке, при якому забезпечується найменша сума витрат на тепло, відрахувань від капітальних вкладень і експлуатаційних витрат, т. е. найменша вартість дистиляту.

Метод миттєвого випаровування («флеш» метод) заснований на явищі зниження температури кипіння води в міру зменшення тиску у випаровувачах. Підігріта вода, надходячи в ізолювану вакуумовану камеру (випарник), частково миттєво випаровується. Чим вище температура води і чим глибше вакуум, тим більше води випарується.

На рис. 4.10 показана принципова схема багатоступеневої (шість ступенів) прямооточної опріснювальної установки.

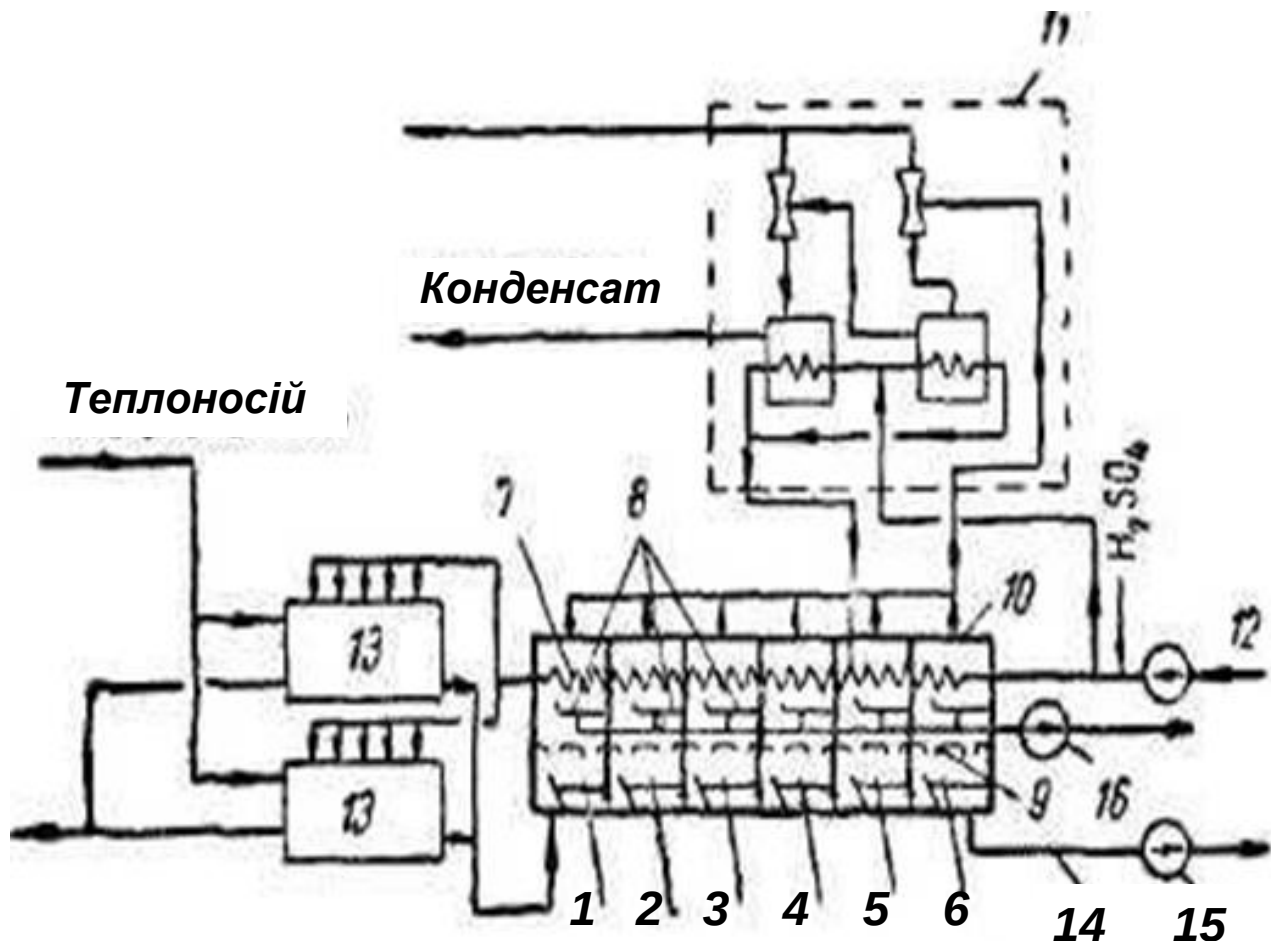


Рисунок 4.10 – Принципова схема багатоступеневої опріснювальної установки:

1-6 – випарник; 7 – трубчастим теплообмінником; 8 – лоток; 9 – сепаратор пару; 10 – штуцер відсмоктування; 11 – ежекторний блок; 12 – вихідна солонa вода; 13 – підігрівачі

Кожен випарник (1 - 6) це камера з трубчастим теплообмінником в верхній частині 7, під яким є лоток 8 для збору і відведення дистилату. Для очищення пара від крапельок солонної води призначений пластинчастий сепаратор пару 9. У верхній частині камери є штуцер 10 для відсмоктування ежекторним блоком 11 газів, що не конденсуються.

Вихідна солонa вода 12, попередньо оброблена для запобігання утворення накипу, послідовно протікаючи крізь зазначені трубчасті теплообмінни-

ки, поступово нагрівається до температури 75 - 85 °C за рахунок прихованої теплоти конденсації пари, а потім доводиться до температури 90 - 100 °C в ви-несеному головному підігрівачі 13. Нагріта таким чином вода вводиться в першу камеру, яка служить одночасно деаератором, і далі послідовно протікає крізь камери установки під збільшуючимся вакуумом, який в останній камері відповідає температурі 45 °C. Вода з високою мінералізацією, що залишилася не випареною відкачується по трубі 14 з останньої камери насосом 15 і скидається в дренаж. Дистилат з лотків відкачується насосом 16 в резервуар прісної води.

Багатоступенева або багатокорпусна дистиляція працює за тим же принципом, що і флеш дистиляція тільки вода на кожній ступені випаровується за рахунок теплоти конденсації пару отриманого з попередньої ступені. Багатоступенева дистиляція є найстарішим широкомасштабним методом дистиляції для опріснення морської води. Цей метод вважається більш економічним, ніж флеш-дистиляція, оскільки нижчі температури знижують інтенсивність корозійних процесів, а вторинне використання тепла знижує споживання електроенергії.

Установка багатоступеневої дистиляції включає низку корпусів (апаратів випарників), через які вихідна вода проходить послідовно. Тиск, а відповідно і температура кипіння поступово знижується від апарату до апарату. Це дозволяє пару першого корпусу використовувати у якості теплоносія для другого корпусу і так далі до останнього, з якого пар відсмоктується до системи вакуумування. Чим більше ступенів (корпусів), тим вище коефіцієнт продуктивності. Водяна пара, що утворюється при кипінні води, конденсується і збирається.

Випаровування при стисненні пари передбачає отримання тепла для випаровування води внаслідок стиснення пари, Дистиляційна установка зазвичай включає випарний апарат (ємність з теплообмінником у середині) та механічний паро- компресор. Пар, що утворюється внаслідок кипіння вихідної води стискається компресором, за рахунок чого температура його конденсації підвищується і він стає здатним кип'ятити вихідну воду. Зазвичай така установка потребує пар від стороннього джерела тільки для запуску, а в подальшому працює автономно.

Сонячне опріснення води є виправданим для невеликих обсягів води в умовах високого рівня сонячної радіації. Сонце дає теплову енергію для випаровування солоної води. У процесі сонячної дистиляції водяна пара, що утворюється в процесі випаровування, конденсується на прозорому скляному або пластиковому покритті, а конденсат збирається у вигляді прісної води в спеціальному жолобі.

Сонячна дистиляція в основному використовується в посушливих регіонах, де безпечна прісна вода недоступна. Сонячні дистиляційні установки виробляють різну кількість прісної води в залежності від їх конструкції та географічного розташування.

Дійсно широке застосування досі мають звичайна багатоступенева та флеш-дистиляція, які все ж поступаються мембранним процесам.

Мембранні процеси знесолення води

Зворотний осмос це мембранний процес під час якого вода проходить через напівпроникну мембрану з більш концентрованого в менш концентрований розчин, тобто в зворотному для осмосу напрямку. Мембрана пропускає розчинник, але не пропускає розчинені в ньому домішки. Важливо відзначити, що для солонуватої та солоної води застосовуються спеціальні мембранні елементи, які мають високу селективність по іонах натрію і хлору.

Мембранна дистиляція це термомембранний метод знесолення, який працює схоже з осмосом, тільки не завдяки градієнту концентрацій, а завдяки градієнту температур – через напівпроникну мембрану виділяється водяна пара, а розчин залишається за її межами.

Електродеіонізація працює завдяки електролітичному поділу води та іон-селективним процесам, що дозволяє отримати воду з найнижчим вмістом мінералів.

Що стосується поширення мембранних методів, то першість займає зворотний осмос. Інші методи застосовуються вузько і зазвичай в промислових потребах.

Контрольні питання до розділу 4

1. Що таке прямоточні, водооборотні та замкнені системи водопостачання?
2. На які потреби витрачають воду великі промислові підприємства?
3. Назвіть вимоги до якості і властивостей технічної води.
4. Що таке водооборотні системи охолодження?
5. Назвіть типи споруд для охолодження води в оборотних системах.
6. У чому сутність пом'якшення води?
7. Назвіть методи пом'якшення води.
8. Що таке реагентне пом'якшення води?
9. Наведіть основи катіонітного пом'якшення води.
10. Назвіть установки для катіонітного пом'якшення води.
11. Наведіть основи знесолення води.
12. Що таке знесолення води дистиляцією?
13. Наведіть основи методи опріснення води.

5. ТРУБОПРОВОДИ І ТРУБОПРОВІДНА АРМАТУРА

5.1 Вимоги до трубопроводів та матеріали труб водопровідних мереж

До водопровідних ліній відповідно до умов їх роботи у процесі експлуатації пред'являються наступні основні вимоги:

- міцність, тобто високий опір всім можливим внутрішнім і зовнішнім навантаженням;
- герметичність (водонепроникність);
- гладкість внутрішньої поверхні стінок, що забезпечує найменші втрати напору при русі води у трубах;
- довговічність;
- мінімальна вартість.

Відповідно до цих вимог для водопровідних ліній прагнуть застосовувати насамперед неметалічні труби, а саме: азбестоцементні, залізобетонні та пластмасові. За певних умов, зокрема, у сучасній практиці будівництва водоводів і зовнішніх водопровідних мереж, можуть використовуватись металеві труби, з яких найбільш поширені сталеві та чавунні. Але для цих же цілей широко застосовують й труби з залізобетону.

Сталеві труби застосовуються:

- якщо це техніко-економічно обґрунтовано;
- для переходу через яри, водні перешкоди та під залізницями і шосейними дорогами (під ділянками, де є динамічні навантаження);
- при робочому тиску більше 1,2 МПа;
- при прокладці у вічномерзлих, просадних, що набухають, та на заторфованих ґрунтах.

Сталеві труби мають високу міцність, порівняно невелику масу, здатність чинити опір зовнішнім динамічним навантаженням і вібраціям. До основного недоліку сталевих труб відносять їх сильну корозію, завдяки чому у порівнянні з іншими трубами вони мають менший термін служби.

Сталеві труби за технологією виготовлення поділяють на безшовні та зварні. При виготовленні останніх використовують електричну або ковальську зварку. Зварні труби вважаються менш надійними ніж безшовні. Стальні труби розраховані на тиск до 2,5 МПа та випускаються діаметром 100-1400 мм.

Чавунні розтрубні труби, які випускають діаметром від 65 до 1200 мм та довжиною від 2 до 7 м, відрізняються високою міцністю, значним опором корозії, простотою з'єднань і довговічністю.

Азбестоцементні труби випускають діаметром від 100 до 500 мм і довжиною 3-4 м. Переваги цих труб у порівнянні із сталевими і чавунними – це невелика вага, гладка внутрішня поверхня, краща стійкість проти корозії, діелектричність. Однак їм властиві і недоліки – мала опірність ударам і крихкість.

Залізобетонні труби напірні (діаметр від 500 до 1600 мм, довжина 5 м) мають високу стійкість до корозії, діелектричні, довговічні, здатні в умовах

експлуатації зберігати гладку поверхню.

Пластмасові труби – розділяються на поліетиленові високої та низької щільності й вінілпластові. Наразі велике поширення знайшли металопластикові труби, які на відміну від пластикових армовані металевую фольгою. Ці труби, маючи усі переваги пластмасових більш довговічні, витримують більший тиск і краще зберігають геометрію (не роздуваються та менше прогинаються). Поліетиленові труби випускають діаметром 10-630 мм, довжиною 6, 8, 10 і 12 м. Пластмасові труби значно легше інших труб, мають більшу пропускну здатність, не піддаються корозії й не заростають, монтаж їх нескладний. Однак у них великий коефіцієнт лінійного розширення, вони старіють внаслідок дії сонячного світла й низьких температур.

При виборі матеріалу труб необхідно приділяти увагу технологічній безвідмовності трубопроводів, що враховує рівень пошкоджуваності в процесі експлуатації. Ушкодження трубопроводів обумовлені впливом зовнішніх і внутрішніх факторів і пов'язані з фізико-хімічними властивостями матеріалу труб, міцністю і конструктивними особливостями їх з'єднання.

Для сталевих труб основним видом ушкодження є свищі, для чавунних – порушення стикових з'єднань, для пластмасових – розриви навколошовних зон внаслідок порушення технології зварювання, для залізобетонних і азбестоцементних – порушення стикових з'єднань.

5.2. З'єднання, окремих ланок труб між собою та з арматурою

З'єднання, окремих ланок труб між собою та з арматурою виконується різними способами. Вибір способу залежить від необхідної надійності роботи, початкової вартості, необхідної частоти розбирання, властивостей матеріалу деталей, що з'єднуються, наявності відповідного інструменту, навичок монтажника і експлуатаційного персоналу.

Всі види з'єднань можна поділити на роз'ємні та нероз'ємні. До роз'ємних відносяться з'єднання на різьбленні (за допомогою муфт, ніпелів), на фланцях, та за допомогою спеціальних пристроїв. До нероз'ємних відносяться з'єднання за допомогою зварювання, паяння або склеювання. З'єднання на розтрубах залежно від технології герметизації може бути віднесено як до першого, так і до другого типу.

З'єднання на різьбленні. Різьбові з'єднання застосовуються, головним чином, для сталевих труб у трубопроводах тепло- водопостачання господарсько-побутового призначення. Для з'єднання на різьбленні кінці труб ззовні нарізаються трубним різьбленням. Таке різьблення відрізняється від нормального (метричного) значно меншим кроком і меншою глибиною. Тому воно не спричиняє значного ослаблення стінки труби. Крім того, трубне різьблення має кут при вершині трикутника 55° , у той час як метричне – 60° .

Кінці труб з'єднують між собою та з арматурою за допомогою різьбових муфт. Муфтові різьбові з'єднання зазвичай застосовують для трубопроводів діаметром до 75 мм.

Іноді цей вид з'єднання застосовується також при прокладанні труб великих діаметрів (до 600 мм).

Муфта (рис. 5.1, *а* і *б*) є коротким циліндром, внутрішня поверхня якого суцільно нарізана трубним різьбленням. Муфти виготовляються з ковкого чавуну, сталі або латуні. Для з'єднання

за допомогою муфти труби, що з'єднуються, нарізають на половину довжини муфти, і згвинчують. Якщо стикують дві раніше змонтовані труби, то застосовують згін (рис. 5.1, *в*). Для ущільнення муфтового з'єднання раніше застосовували льняне пасмо або азбестовий шнур. В даний час льняне пасмо практично витіснене більш сучасними матеріалами, такими як фторпластовий ущільнювальний матеріал (ФУМ) спеціальний шнур, ущільнювальна паста (герметпласт) та ін..

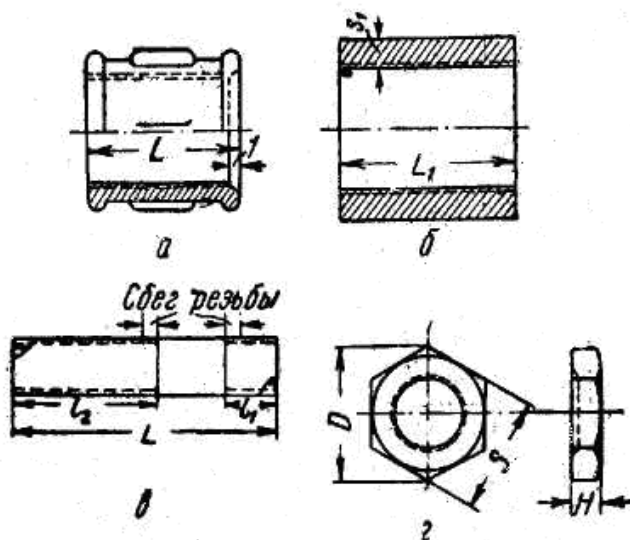


Рисунок 5.1 – Різьбові фасонні частини:
а, б – муфти; *в* – згін; *г* – контр-гайка

Для розгалужень трубопроводів зібраних на різьбленні застосовують трійники та хрестовини, для переходів з одного діаметра на інший – спеціальні муфти чи вставки.

Фланцеві з'єднання. Фланці – диски, які приварюються або пригвинчуються до труби, а потім з'єднуються болтами з іншим фланцем (рис. 5.2).

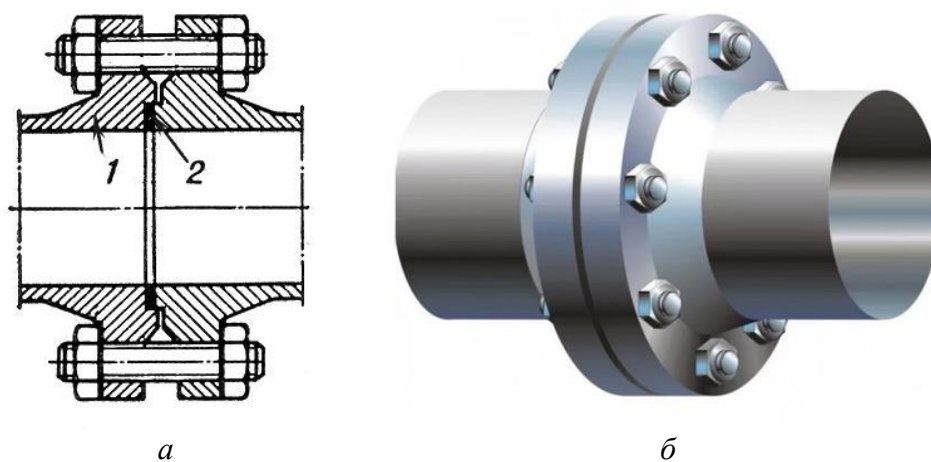


Рисунок 5.2 – З'єднання на фланцях:
а – креслення; *б* – зовнішній вигляд:
1 – фланець; 2 – прокладка

Для цього по периметру диска роблять кілька отворів. З'єднати таким чином можна не тільки дві ділянки трубопроводу, але й приєднати трубу до резервуара, насоса, підвести її до обладнання або вимірювального приладу.

У системах водопостачання фланцеві з'єднання застосовуються, головним чином на магістральних трубопроводах та у промислових мережах. Фланці забезпечують легкість монтажу та демонтажу.

Найбільше виготовляються сталеві фланці, хоча для деяких видів труб

випускають пластикові. Фланці мають розміри, що залежать від діаметра труби (D_y) та тиску (P_y), але приєднувальні розміри всіх фланців однакові для однакових D_y та P_y .

Розтрубні з'єднання. Розтрубні з'єднання (рис. 5.3) застосовуються при прокладанні чавунних, азбоцементних та залізобетонних труб, а також труб з пластмас.

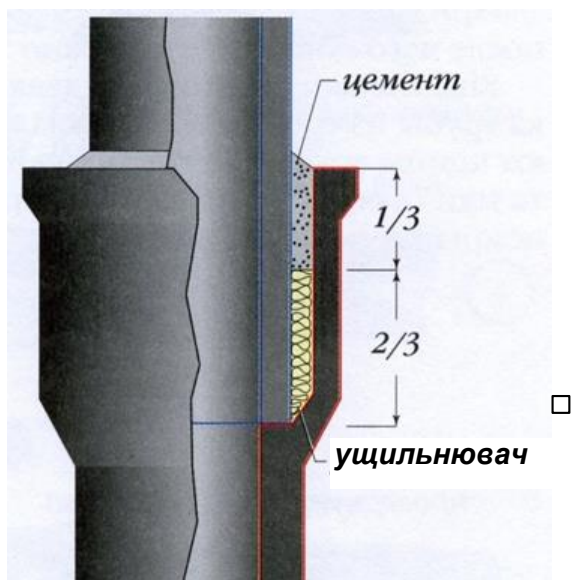


Рисунок 5.3 – Розтрубне з'єднання

Їх перевага – відносна простота і дешевизна. У той же час ряд недоліків: складність роз'єму з'єднання, недостатня надійність, можливість порушення щільності при появі незначного перекосу суміжних труб, – обмежують застосування цього виду з'єднань.

Для ущільнення розтрубного з'єднання (рис. 5.3) кільцевий простір утворений розтрубом однієї труби і тілом іншої, заповнюють набиванням, в якості якого використовують промаслене пасмо, азбестовий шнур або гумові кільця. Після чого зовнішню ділянку цього простору закарбовують або зама-

зують якоюсь мастикою. Метод ведення цих робіт та вид застосовуваних матеріалів залежить від матеріалу труб. Так, розтруби чавунних водопровідних труб конопатять лляним пасмом і закарбовують цементом чи азбоцементною сумішшю. В особливо відповідальних випадках заливають розплавленим свинцем, який потім також закарбовують. Набивання розтрубного з'єднання залізобетонних та азбоцементних труб теж саме, що і чавунних, але для карбування використовують тільки цементний розчин.

Спеціальні пристрої. Зараз в промисловості використовується велика кількість різноманітних спеціальних з'єднань для труб. Однак найбільш поширеними є легкорозбірні. Як приклад розглянемо з'єднання за допомогою з'єднувальної гайки (рис. 5.4).

З'єднувальна гайка (більш відома як американка та накидна гайка) складається з трьох металевих частин (1, 2 і 4) та м'якої прокладки 3. Основні частини гайки 1 та 4 накручуються на короткі різьблення труб, або арматури, що потрібно з'єднати. Середня частина - накидна гайка 2 – стягує ці основні частини. Завдяки наявності прокладки 3 накидна гайка не стикається з протікаючим по трубах середовищем, а тому небезпека заїдання гайки зводиться до мінімуму.

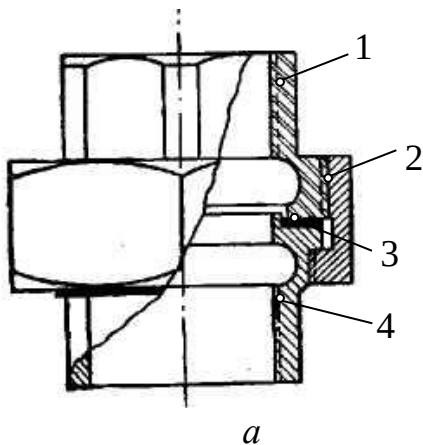


Рисунок 5.4 – З'єднувальна гайка (американка):
а – креслення; *б* – зовнішній вигляд:
 1, 4 – основні частини, 2 – гайка; 3 – прокладка

З'єднання труб зварюванням, паянням та склеюванням. У практиці монтажу систем водопостачання поширення набули методи з'єднання труб зварюванням, пайкою та склейкою. Зварюванням або пайкою можна з'єднувати труби із чорних металів (крім чавунних), кольорових металів, а також із вінілпласту.

Відмінність зварювання від паяння полягає в тому, що в першому випадку для з'єднання труб використовується такий же матеріал, як і той, з якого вони виготовлені. У другому – сплав (припій) із температурою плавлення істотно меншою, ніж у матеріалі труби. Слід зазначити, що, хоча формально сучасний метод з'єднання пластикових та металопластикових труб є сваркою зазвичай його називають пайкою.

Припої, що використовують при паянні, прийнято ділити на дві групи - м'які та тверді. До м'яких відносяться припої з температурою плавлення до 300 °С, до твердих - вище 300 °С. Крім того, припої суттєво розрізняються за механічною міцністю. М'якими припоями є олов'яно-свинцеві метали (ПОС). Велика кількість олов'яно-свинцевих припіїв містить невеликий відсоток сурми. Найбільш поширеними твердими припоями є мідно-цинкові (ПМЦ) та срібні (ПСр).

Вартість підготовки труб під зварювання і вартість самого зварювання набагато нижче вартості фланцевого з'єднання (пари фланців, прокладки, болтів з гайками, роботи з посадки фланця на трубу). Добре виконане зварне з'єднання дуже довговічне і не вимагає ремонту та пов'язаних з цим зупинок виробництва, що має місце, наприклад, при вириванні прокладок фланцевого з'єднання.

На зварному трубопроводі фланці ставлять лише з'єднання з арматурою. Можливі, однак, випадки застосування сталевих арматур з кінцями під приварювання.

Незважаючи на переваги зварювання та паяння труб перед іншими видами з'єднань, їх не слід проводити у трьох випадках:

- якщо продукт, що передається по трубах, діє руйнівно на наплавлений метал або на кінці труб, що нагріваються при зварюванні;

- якщо трубопровід вимагає частого розбирання;
- якщо трубопровід знаходиться в цеху, характер виробництва якого виключає роботу з відкритим полум'ям.

При з'єднанні труб з вуглецевої сталі може бути застосована як киснево-ацетиленова (газова), так і електродугове зварювання. Газове зварювання має у порівнянні з електродуговою наступні переваги:

- метал у шві виходить більш в'язким;
- роботи можуть бути проведені у важкодоступних місцях;
- стельові шви виконуються набагато легше.

Електродугове зварювання має, однак і свої переваги:

- в 3-4 рази дешевше за газове зварювання;
- деталі, що зварюються, прогріваються слабше.

Зварювання сталей труб виконують, головним чином встик (див. рис. 5.5 *а*). З'єднання труб з міді, які останнім часом почали широко використовувати у внутрішньобудинкових мережах водопостачання, зазвичай з'єднують пайкою яка проводиться одним зі способів, показаних на рис. 5.5. *б, в, г, д*.

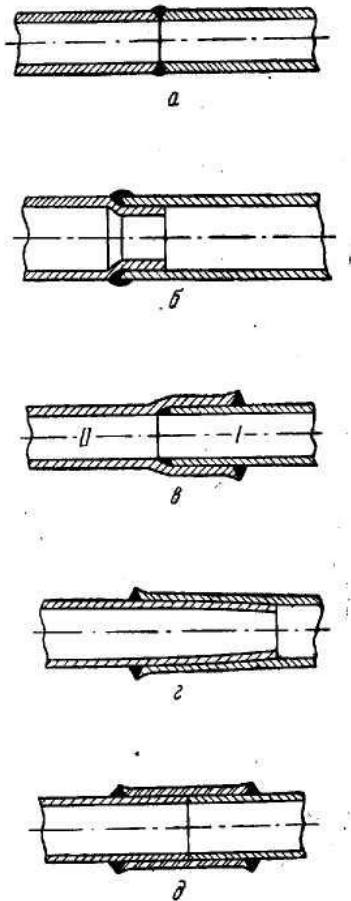


Рисунок 5.5 – З'єднання труб з міді та пластмас:

а – встик; *б* – обкаткою;
в, г – розкаткою; *д* – з муфтою

Пайкою з обкаткою рис 5.5 *б* та розкаткою кінців (рис. 5.5 *в* і *г*) користуються при з'єднанні мідних труб. Для посилення шва зовнішні краї злегка відбортовують (рис. 5.6 *б, в, г*). Труби з вініпласту з'єднують за способами, показаним на рис. 5.6 *а, б* і *в*, причому з'єднання за способом, показаним на рис. 5.6 *б* відрізняється більш великою міцністю.

Зварювання пластикових (поліетиленових, поліпропіленових) трубопроводів здійснюється, головним чином встик. (рис. 5.5 *а*). Принцип даного способу заснований на нагріванні і плавленні торців труб, які після цього стискаються з певним зусиллям. Для з'єднання також використовують фітинги (муфти, трійники, переходи, тощо). Існують фітинги з вбудованим терморезисторами. Для зварювання їх підключають до пристрою, який витримує певний режим розігріву та зварювання. Для приєднання звичайних фітингів використовують спеціальний прилад яким одночасно розплавляють невеликий відрізок зовнішньої поверхні труби та внутрішню поверхню фітингу, після чого їх з'єднують та охолоджують місце зварки. У результаті одержують досить міцне нероз'ємне з'єднання, здатне працювати при високому тиску.

5.3. Особливості прокладання водопровідної мережі

5.3.1. Глибина закладання водопровідних труб

Глибина закладання водопровідних труб залежить від глибини промерзання ґрунту, температури води в трубах і режиму її подачі.

Слід враховувати, що глибина промерзання ґрунту неоднакова не тільки в різних районах, але й у тому самому районі. Глибина закладання водопровідних труб повинна бути такою, щоб виключалося замерзання води в них. Глибина закладання труб, якщо рахувати до їх низу, повинна бути на 0,5 м більше, ніж розрахункова глибина промерзання ґрунту (1,2 м – для м. Харкова). Мінімальне закладання труб визначають за умови захисту їх від впливу зовнішніх навантажень і запобігання води від нагрівання в літню пору. Орієнтовно її можна прийняти 1 м.

Водопровідні лінії прокладають відповідно рельєфу місцевості з постійною глибиною закладання. Трубам повинен надаватися ухил, що забезпечує спорожнювання мережі та випуск повітря. Для цього в знижених місцях влаштовують випуски, а в підвищених – вантузи.

Водопровідні лінії слід прокладати з урахуванням розташування інших підземних споруд. У містах і на промислових підприємствах, які мають велику кількість підземних комунікацій різного призначення, доцільно прокладати їх у прохідних або напівпрохідних колекторах. Під залізничними коліями водопровідні лінії звичайно прокладають у прохідних каналах або в металевих футлярах – кожухах.

5.3.2. Вимоги до розміщення водогінних трубопроводів у плані

Перетинання водопровідних ліній з річками доцільно виконувати шляхом прокладки під дном ріки – так званим дюкером. Труби прокладають уздовж вулиць і проїздів, під проїзною частиною, ближче до тротуару. Водопровідні мережі прокладаються паралельно лінії забудови і по можливості поза бетонними й асфальтовими покриттями. Трубопроводи між собою й проїздами повинні перетинатися під прямим кутом.

Відстані від трубопроводу приймаються наступні (не менше):

- до осі залізничної колії – 4 м (але не менше глибини траншеї);
- до осі трамвайних шляхів – 2,75 м;
- до бордюрного каменю автодороги – 2м;
- до кабелів зв'язку – 1,5 м;
- до газопроводу – 1-2м;
- до електрокабеля напругою до 35 В – 1 м;
- до опор зовнішнього освітлення, зв'язку – 1,5 м
- до огорожень територій – 1,5 м;
- до фундаментів будинків та споруджень – 5 м (при відповідному обґрунтуванні допускається 3м, але з обов'язковим укладанням у футлярах);
- до стовбурів дерев – 2 м.

Відстані між мережами по горизонталі у світлі:

- до дренажних ліній і водостоків – 1,5 м;
- до газопроводів: $P < P_{0,6} - 2$ м;
- до силових кабелів – 0,5 м;
- до кабелів зв'язку – 0,5 м;
- до теплотраси 1,5 м;
- до каналізаційних мереж при діаметрі водопровідних труб, мм: до 200 – 1 м; понад 200 – 3 м.

Водопровідні труби в місцях перетинання треба, як правило, прокладати вище каналізаційних, а відстань між стінками труб по вертикалі повинне бути не менш 0,4 м.

При прокладці водопровідних труб нижче каналізаційних, вони повинні бути сталевими і розміщатися в сталевому футлярі.

При цьому відстань від кінця футляра до каналізаційних труб повинне бути не менш 5 м для глинистих ґрунтів і не менш 10 м для пісків (в обидва боки від осі перетинання).

5.3.3. Переходи водопровідних ліній через річки, дороги і яри

При перетинанні водопровідних ліній із залізницями й автомобільними дорогами їх прокладають по мостах, у водопропускних трубах під насипами або в шляхопроводах. При неможливості такої прокладки водопровідні лінії I та II категорії прокладають у футлярі, який представляє собою трубу більшого діаметру ніж водогін. Футляр охороняє полотно дороги від руйнування у випадку розриву водопровідної лінії й дозволяє робити її ремонт без припинення руху.

При перетинанні яра або річки трубопровід укладають по дну у вигляді так званого дюкера (рис. 5.6).

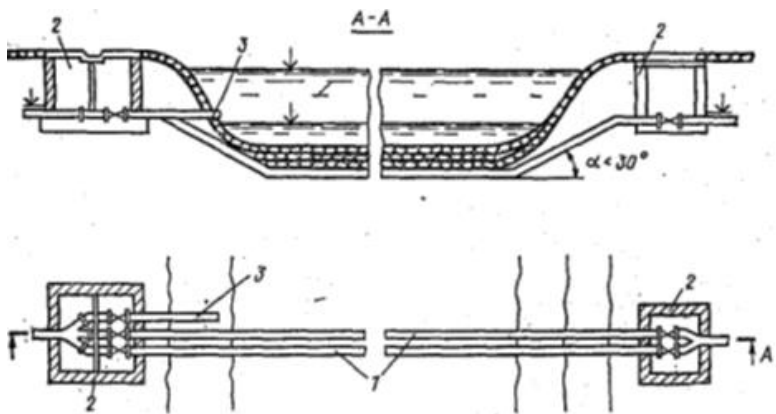


Рисунок 5.6 – Схема влаштування дюкера:
1 – дюкер; 2 – камера перемкнення; 3 – випуск

Для запобігання вимиванню ґрунту з-під трубопроводів їх укладають у траншеї на глибині не менш 0,5 м від поверхні дна ріки до верху труби.

Дюкер споруджують зі сталевих труб у дві нитки, дотримуючись відстані між ними не менш 1,5 м. Оскільки ремонт дюкера робити дуже складно, необхідно забезпечити його високу надійність.

При гідравлічному розрахунку дюкера приймають збільшені швидкості руху води в трубах до 2-2,5 м/с, щоб не допустити утворення в них осаду. Тому діаметр кожної лінії повинен бути менше діаметра основного трубопроводу.

Якщо за напрямом траси водоводу є міст, то водовод прокладають по цьому мосту. Найчастіше трубопровід підвішують на металевих підвісках знизу

проїзної частини мосту або під тротуаром у такому місці, щоб він був доступний для огляду й ремонту. При цьому з метою запобігання замерзанню трубопроводу його утеплюють теплоізолюючими матеріалами.

5.3. Водопровідна арматура

Підтримка необхідного режиму експлуатації й підвищення надійності водоводів і водопровідних мереж забезпечується запірно-регулюючою, запобіжною, водорозбірною, контрольно-вимірювальною арматурою.

5.3.1. Запірно-регулююча арматура

Запірно-регулююча арматура необхідна для часткового або повного перекриття окремих ділянок трубопроводів. Вона повинна забезпечувати щільність відключення в закритому стані і чинити мінімальний опір протіканню води у відкритому положенні. До неї відносяться вентиля, засувки, поворотні затвори.

Венти́лі. Венти́лі, як запірні органи, застосовують переважно при невеликому прохідному перерізі (діаметр трубопроводу до 100 мм), коли потрібна велика щільність відключення (наприклад, для дренажних та спускних трубопроводів), і в основному вони використовуються як регулюючі органи. На рис. 5.7 а зображений найбільш поширений тип запірного вентиля – нормальний (інша назва – прохідний) фланцевий вентиль низького та середнього тиску.

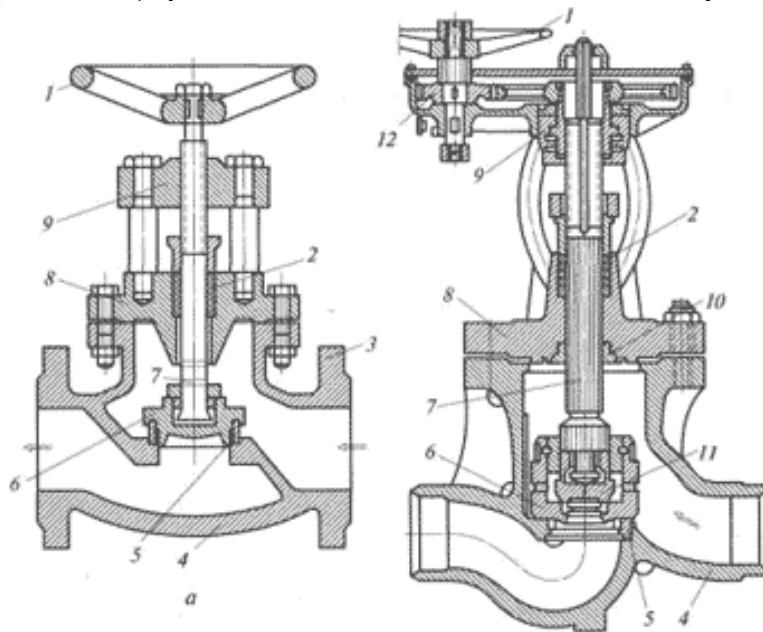


Рисунок 5.7 – Запірний вентиль: *а* – фланцевий низького та середнього тиску; *б* – високого тиску безфланцевий:

1 – маховик; 2 – сальникове ущільнення; 3 – фланець; 4 – корпус; 5 – сідло; 6 – клапан (тарілка); 7 – шпindel; 8 – кришка; 9 – траверс; 10 – втулка; 11 – розвантажувальний клапан; 12 – шестірня редуктора

Він складається з корпусу 4, у який запресовано сталеве або бронзове кільце (сідло 5), і клапана (тарілки) 6, з'єданого зі шпинделем 7. На кінці шпинделя є різьблення. При обертанні маховика 1 під час закривання або відкривання вентиля шпиндель загвинчується у траверсу 9. Приєднання запірного венти-

ля до трубопроводу здійснюється за допомогою фланців 3. На рис. 5.7 б показаний запірний вентиль високого тиску безфланцевий, який кріпиться до трубопроводів за допомогою зварювання.

Кількість води, що проходить через вентиль, регулюється підйомом чи опусканням клапана. Для полегшення відкривання великих вентилів застосовують розвантажувальні обвідні (байпасні) лінії малого діаметру, що служать для вирівнювання тиску середовища до та після вентиля. Перш ніж відкрити основний вентиль, відкривають байпас і після того, як тиск у трубопроводі до і після вентиля зрівняється, приступають до відкриття основного вентиля. З цією ж метою деякі вентиля виконуються з двома розташованими на одному шпинделі клапанами (тарілками), один з яких має менший розмір і встановлюється в середній частині великого клапана (див. рис. 5.7 б). При підйомі шпинделя спочатку піднімається малий розвантажувальний клапан 11 на певну висоту, а потім вирівнювання тиску при подальшому відкриванні вентиля піднімається великий клапан 6. Для полегшення відкривання вентиля привід шпинделя здійснюють через редуктор 12.

Нормальний вентиль є надійним запірним та регулюючим органом. Однак він створює великий опір потоку води внаслідок різкої дворазової зміни напрямку її руху. Менший опір мають прямоточні (косі) і кутові вентиля.

До прямоточних відносять вентиля, корпус яких має співвісні патрубки входу та виходу. Вісь шпинделя розташована в ньому під кутом $45\ldots 60^\circ$ до осі цих патрубків. Переваги вентилів цього типу порівняно з нормальними такі: відносно малий гідравлічний опір; компактність конструкції; відсутність зон застою. Недоліки прямоточних вентилів – велика в порівнянні з прохідними довжина та відносно велика маса.

Кутові вентиля мають корпус з перпендикулярно розташованими патрубками, причому вісь одного з патрубків співпадає або паралельний осі сідла. Вентилю цього типу призначені для з'єднання двох частин трубопроводу, розташованих перпендикулярно один одному або для монтажу на повороті.

Ці вентиля в порівнянні з прохідними більш компактні за конструкцією, менше за масою і не мають застійних зон в корпусі. До недоліків кутових вентилів відносяться відносно високий (порівняно з прямоточними) гідравлічний опір і велика висота.

Для регулювання витрат води або зниження тиску застосовують арматуру клапанного типу, зокрема, вентиля. Звичайні вентиля застосовуються для цих цілей обмежено, так як, по-перше, змінюють витрату тільки при малих висотах підйому клапана (до чверті діаметра сідла), по-друге, шарнірне кріплення клапана ускладнює точне регулювання і, нарешті, витрата потоку змінюється не пропорційно куту повороту шпинделя.

Відмінність дросельної арматури від звичайних вентилів у тому, що клапан крім звичайної запірної поверхні має пристрій, що забезпечує майже лінійну зміну перерізу для проходу потоку від кута повороту і збільшений хід шпинделя від відкритого до закритого положення.

Засувки. За допомогою засувок можна регулювати витрату води збільшуючи чи зменшуючи ступінь їхнього відкриття та відключати для ремонту окремі ділянки. Засувки найчастіше встановлюють у колодязях. Засувки створюють значно менший опір потоку води, ніж вентиля. Вода до засувок підводиться з будь-якої сторони. Засувки можуть мати різні затвори (паралельні та клинові), висувні та невисувні шпинделі.

На рис. 5.8 *а* наведена нормальна засувка з паралельними ущільнювальними дисками.

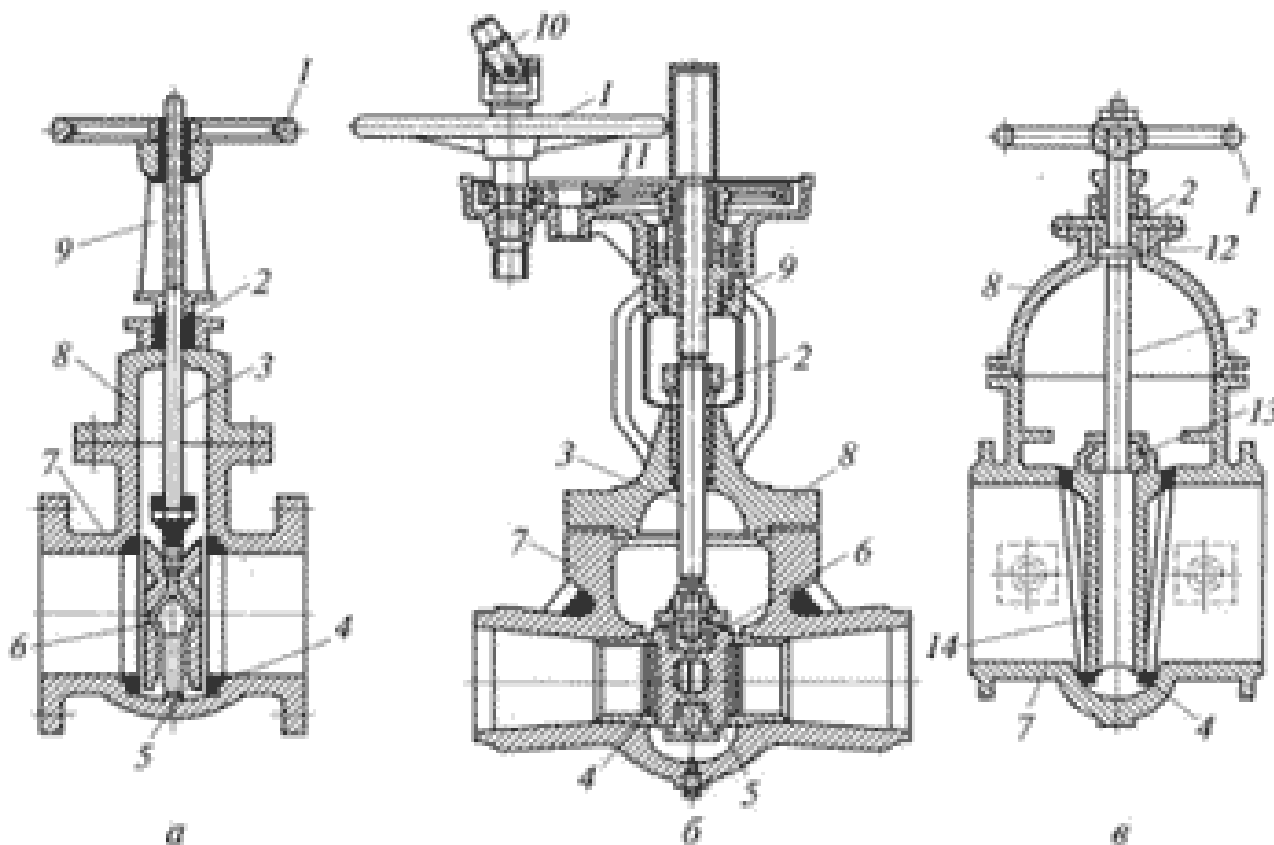


Рисунок 5.8 – Засувки:

а – нормальна з паралельними ущільнювальними дисками і висувним шпинделем; *б* – безфланцева високого тиску з дистанційним приводом; *в* – клинова з невисувним шпинделем; 1 – маховик; 2 – сальникове набивання; 3 – шпиндель; 4 – ущільнювальні кільця; 5 – ущільнювальні диски; 6 – розпирний пристрій; 7 – корпус; 8 – кришка; 9 – траверс; 10 – шарнір; 11 – зубчаста передача; 12 – буртик; 13 – нарізна втулка; 14 – клиновий затвор

Засувка складається з чавунного корпусу 7, кришки 8, маховика 1, висувного шпинделя 3, ущільнювальних кілець 4 і дисків 5. Між дисками встановлюється розпирний пристрій 6. При обертанні маховика за годинниковою стрілкою шпиндель разом з дисками опускається, у нижню частину корпусу, розсуває диски і щільно притискає їх до кілець ущільнювачів, закриваючи прохід воді. У засувках з висувним шпинделем шпиндель і маховик мають квадратне різьблення, і при обертанні маховика шпиндель викручується або вкручується в нього, захоплюючи за собою диски.

На підприємствах часто застосовуються засувки або вентиля з електричним приводом, що дозволяє відкривати або закривати їх дистанційно. На рис. 5.8 б наведена безфланцева засувка високого тиску з дистанційним приводом. Безфланцева арматура безпосередньо приварюється до трубопроводу.

У клинових засувках з невисувним шпинделем 3 (рис. 5.8 в) останній обертається разом з маховиком 1. На кінці шпинделя 3 є різьблення, яка входить у нарізну втулку 13, розташовану у верхній частині клинового затвору 14. шпиндель 3 через наявний на ньому буртик 12 не може піднятися і буде обертатися разом з маховиком. При цьому нарізна втулка 13 буде нагвинчуватись на його різьблення, піднімаючи або опускаючи клиновий затвор 4 засувки.

Порівняно з вентилями засувки створюють відносно невеликий гідравлічний опір, вимагають меншого зусилля на відкривання та закривання, допускають протікання середовища в обох напрямках, мають меншу довжину корпусу, можуть бути виготовлені на великий прохідний переріз. До недоліків засувок відносяться більш складна, ніж у вентилів, конструкція, швидке зношування ущільнювальних поверхонь затвора і більший підйом затвора при повному відкриванні, що збільшує її габаритні розміри.

Крани. Крани призначені для швидкого відкривання та закривання проходу у трубопроводі та для регулювання витрати. Вони мають малий гідравлічний опір, співвісні вхідний та вихідний патрубків але у водопровідних системах до останнього часу використовувались зрідка. Головним чином, через погану герметичність, значні зусилля при відкритті та закритті і небезпеку гідравлічних ударів при різкому закритті.

Розроблені відносно недавно так звані кульові крани (рис. 5.9) значною мірою позбавлені першого та другого із зазначених недоліків та знайшли засто-

сування як запірний пристрій для низького тиску води (0,3...0,5 МПа).

У корпусі 1 шарового крану розміщена куля 3 з наскрізним діаметральним отвором. Куля з боку патрубків 4 входу та виходу води ущільнена прокладками 2 і може встановлюватися у два положення: вісь отвору в кулі збігається з віссю патрубків (кран відкритий) та вісь отвору в кулі перпендикулярна до осі патрубків (кран закритий). Дросельна та регулююча арматура.

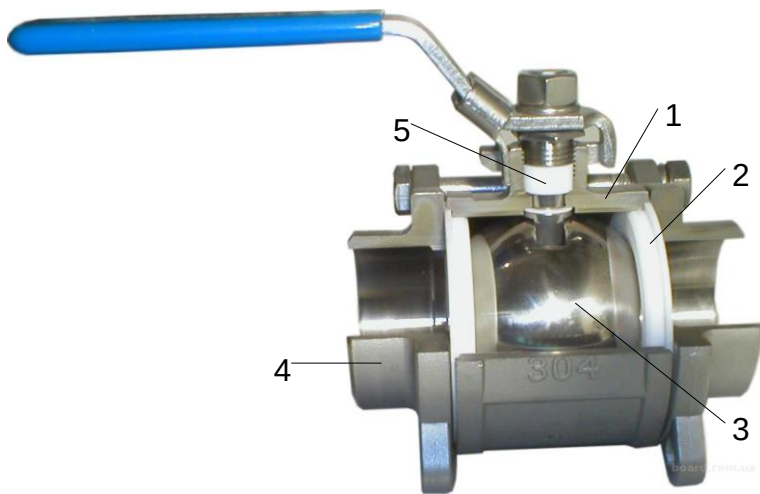


Рисунок 5.9 – Кран кульовий:

1 – корпус; 2 – ущільнювальна прокладка; 3 – куля з отвором для проходу рідини; 4 – патрубок для приєднання до трубопроводу; 5 – сальникове ущільнення го-
ловки

Поворотні затвори, які також називають дисковими або дросельними заслінками використовують, головним чином для грубого регулювання витрати часто застосовують, які також називають заслінками типу «бабочка» або «метелик». Один із варіантів такої заслінки наведено на рис. 5.10.



Рисунок 5.10 – Дискова заслінка

Водорозбірна арматура. До водорозбірної належать різновиди запірно-регулюючої арматури, які встановлюються на водопроводах у побутових та промислових кінцевих користувачів води. Це, головним чином, крани та вентиля, питні фонтанчики, пожежні гідранти, подекуди ще зустрічаються водорозбірні колонки, тощо. Через водорозбірні колонки здійснюється водопостачання селищ і будинків, які не обладнані внутрішнім водопроводом.

Для забору води з мережі з метою пожежогасіння застосовують гідранти.

5.3.2. Запобіжна арматура

Запобіжна арматура перешкоджає руйнуванню трубопроводів і сприяє збереженню їх постійної пропускної здатності. До неї належать запобіжні й зворотні клапани, вантузи, гасителі ударів.

Запобіжні клапани виключають підвищення тиску понад припустимий рівень. Найбільш поширені клапани вентильного типу із автоматичними (прямодій) приводними пристроями пружинного (рис. 5.11) або вантажного (рис. 5.12) типу. Пряма дія, або самодія – підйом затвора арматури тиском робочого середовища без використання будь-яких додаткових засобів автоматики.

Основними компонентами конструкції запобіжного клапану є корпус 5, (рис. 5.11) власне клапан, що складається з золотника 3 і сідла 4, та пружина 2, що забезпечує силовий вплив на клапан. За допомогою пружини клапан 2 налаштовується таким чином, щоб зусилля на золотнику клапана 3 забезпечувало його притискання до сідла 4 запірною органу і перешкоджало пропуску робочого середовища. У даному випадку для налаштування використовують спеціальний гвинт 1, обертаючи який можна стискати або відпускати пружину 2. Коли запобіжний клапан закритий, на золотник 3 впливає з одного боку робочий

тиск в системі, що прагне його відкрити, а з другого – сила від стиснутої пружини 2, що перешкоджає відкриттю.

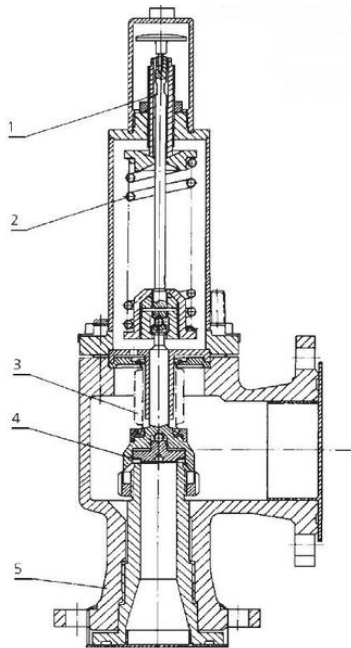


Рисунок 5.11 – Запобіжний клапан пружинного типу:

1 – гвинт; 2 – пружина; 3 – золотник; 4 – сідло; 5 – корпус

золотник 4 від тиску води протидіє сила створювана вантажем 2, що через важіль 3 та шток передається на золотник. Налаштування таких клапанів на тиск відкриття виконується фіксацією вантажу певної маси на плечі важеля.

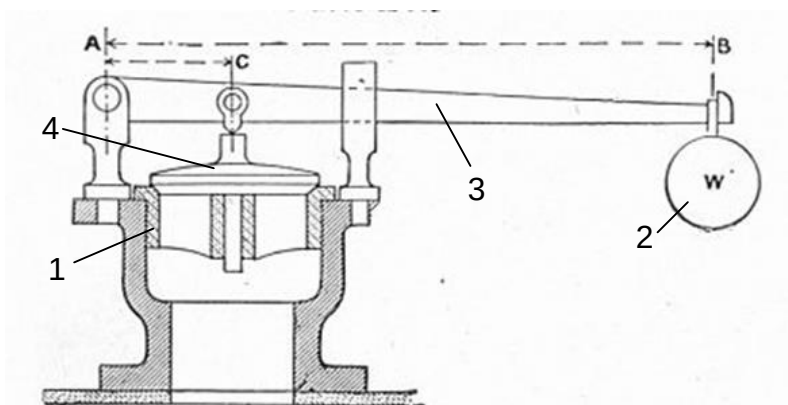


Рисунок 5.12 – Запобіжний клапан вантажного типу:

1 – сідло клапану; 2 – вантаж; 3 – важіль; 4 – золотник

водоводів і магістральних мереж.

Вантузи зазвичай мають циліндричний корпус. У середині нього знаходиться поплавець до верхньої частини якого прикріплений золотник клапана. Сідло клапана розташоване у кришці корпусу, а в нижній частині корпусу є штуцер для приєднання до трубопроводу.

З виникненням у системі тиску, що перевищує допустиму величину, його вплив на золотник долає зусилля стиснутої пружини. Запірний орган починає відкриватися і якщо тиск в системі не перестане зростати, відбувається скидання води через клапан. Зі зниженням тиску в системі, що захищається, через скидання води, запірний орган клапана під дією зусилля від пружини закривається.

Пружинний клапан має високу швидкість і забезпечує герметичність (виключає попадання води, що скидається безпосередньо у приміщення). Його основний недолік – погане тримання налаштування, що пов'язано з «втомою» пружини і залежністю створюваного нею зусилля від температури.

Цього недоліку позбавлений запобіжний клапан вантажного типу (рис. 5.12). Він відрізняється від пружинного тим, що зусилля на

Недоліками вантажного клапану є: уповільнене порівняно з пружинним відкриття (через велику інерцію системи з вантажу, важеля і золотника) і неминучість попадання середовища в атмосферу.

Повітряні вантузи призначені для видалення повітря, що накопичується в підвищених ділянках

Поки вантуз сухий поплавець знаходиться в нижньому положенні і повітря через сідло клапана витискається в атмосферу водою, що надходить у трубопровід. При заповненні вантуза поплавком вириває і золотник закриває клапан, перешкоджаючи виходу води назовні.

Для виміру витрат води використовують контрольно-вимірну апаратуру, серед якої найбільш поширені крильчасті і турбінні водоміри.

5.4. Споруди на водопровідних мережах

5.4.1 Колодязі

При підземному прокладанні трубопроводів арматура на них (засувки, пожежні гідранти, вантузи, регулятори тиску і витрати води) повинна встановлюватись у колодязях чи камерах. Колодязі на водопровідній мережі передбачають із монолітного (прямокутні в плані) і збірного залізобетону (круглі і прямокутні), а також із цегли (прямокутні і круглі). Розміри колодязів у плані визначаються діаметром труб, а також типом арматури й фасонних частин, розташованих у колодязі. Глибина закладання колодязів диктується глибиною розташування труб.

Оглядові колодязі рис. 5.13 на водопровідній мережі влаштовують у місцях розташування вузлів із засувками, вантузів і випусків, зворотних клапанів, запобіжних клапанів і іншої арматури, а також у місцях уведень в будинки.

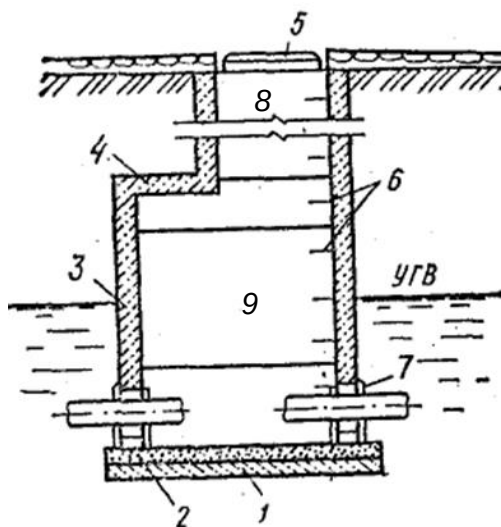


Рисунок 5.13 – Збірний круглий колодязь:

1 – бетонна підготовка; 2 – плита днища з асфальтовим покриттям; 3 – залізобетонні кільця; 4 – плита перекриття; 5 – чавунний люк з кришкою; 6 – скоби; 7 – гідроізоляційне покриття; 8 – горловина; 9 – камера.

Колодязь складається з робочої камери 9 й горловини 8 над нею, необхідної для спуску у колодязь. Робоча камера має певну висоту, достатню для зручності роботи в колодязі. Висота горловини залежить від глибини закладання колодязя. У верхній частині горловини встановлюють стандартний чавунний або сталевий люк 5 заводського виготовлення із кришкою. Люки випускають двох модифікацій: важкі – для встановлення на проїзній частині й легкі – для розміщення на тротуарах і в непроїзних місцях.

На трубопроводах, що проходять по незабудованій території, люк повинен підніматися над поверхнею землі на 20 см. Для опускання в колодязь обслуговуючого персоналу на його горловині і стінках встановлюють рельєфні сталеві або чавунні скоби 6.

5.4.2. Упори

Під дією внутрішніх сил тиску у трубопроводі виникають розтяжні зусилля. На ділянках, що прилягають до поворотів ліній, на відгалуженнях й тупикових ділянках ці зусилля можуть викликати порушення розтрубних з'єднань (вихід гладких кінців труб з розтрубів). Для виключення зміщення і ушкодження трубопроводів в оглядових колодязях або у ґрунті встановлюють упори в напрямку дії розтяжних зусиль.

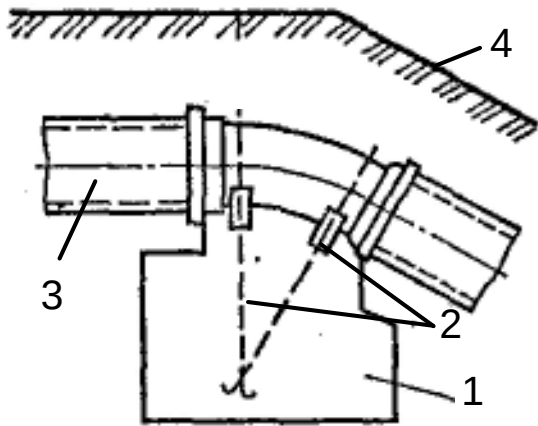


Рисунок 5.14 – Бетонні упори:
1 – подушка; 2 – кріплення труби;
3 – трубопровід; 4 – поверхня землі

Для прикладу на рис. 5.14 наведено схему упору який стабілізує чавунне коліно трубопроводу 3. Ця деталь розміщена у сідловидному вигині подушки 1 та зафіксована кріпленням 2. Нерухомість самої подушки та, відповідно, закріпленого на ній коліна забезпечується її великою вагою глибоким зануренням у землю.

Контрольні питання до розділу 5

1. Які матеріали труб застосовують для труб водопровідних мереж?
2. Наведіть типи з'єднання водопровідних труб різних матеріалів.
3. Від чого залежить глибина закладання водопровідних труб?
4. Як прокладають водопровідні лінії при перетинанні з залізницями й автомобільними дорогами?
5. У яких випадках споруджують дюкери? Їх влаштування.
6. Якою арматурою обладнують водопровідні мережі?
7. З яких основних елементів складається водопровідний колодязь?
8. Яке призначення упорів на водопровідних мережах, в яких місцях їх споруджують?

6. КАНАЛІЗАЦІЯ І ЇЇ ОСНОВНІ СПОРУДИ

Каналізація та водовідведення – це найважливіші частини системи водопостачання. Важливо розуміти, які основні види каналізації бувають та чим вони відрізняються. Каналізаційна система ділиться на три основні види:

1. Господарсько-побутова каналізація – це каналізація, яку зазвичай встановлюють в приватних будинках, вона забезпечує простий збір стоків.
2. Промислова каналізація – її застосовують при облаштуванні промислових цехів та підприємств.
3. Зливовою каналізація – це система, яка виводить зайву воду, що утворилася після дощу.

Кожна система каналізації може бути здійснена різними технічними прийомами при трасуванні мереж і колекторів, визначенні глибини їх закладення, кількості насосних станцій, числа і розташування очисних споруд і т.д.

Всі каналізаційні споруди будь-якої системи і схеми каналізації по своїм призначенням поділяються на дві основні групи.

До **першої групи** відносять обладнання та споруди, призначені для прийому і транспортування стічних вод:

- внутрішні каналізаційні пристрої;
- зовнішню каналізаційну мережу;
- насосні станції і напірні каналізаційні водоводи.

До **другої групи** відносять:

- очисні станції, призначені для очищення, знешкодження, знезараження стічних вод і для обробки осаду;
- випуски очищених вод у водойму.

При проектуванні споруд водовідведення, а також при аналізі роботи очисних споруд необхідно визначити найбільш прийнятні схему (централізована, децентралізована, змішана, часткова) і систему (загальносплавна, повна роздільна, неповна роздільна, комбінована, напівроздільна) каналізації населеного пункту. Із всіх варіантів найбільше приваблива з гігієнічної точки зору централізована схема каналізації, оскільки в цьому випадку будуть зібрані всі стічні води, відведені за межі населеного пункту і знезаражені на очисних спорудах. Полегшується санітарний нагляд за процесом відведення стічних вод з населеного пункту і за роботою очисних споруд.

6.1. Споруди для прийому і транспортування стічних вод

6.1.1. Внутрішні каналізаційні пристрої

Внутрішні каналізаційні пристрої в житлових і громадських будівлях (рис. 6.1) складаються з приймачів (санітарних приладів) – унітазів 6, пісуарів, раковин, умивальників 4, мийок 8, трапів 11, ванн 3 та ін. і з мережі відвідних труб 7, стояків 2, випусків 12 і дворової мережі 13 – 16. Санітарні прилади

встановлюють в кухнях, туалетних і ванних кімнатах житлових, громадських і виробничих будівель. Стічні води з приймачів надходять в відповідні труби 7, а потім в стояки внутрішньої каналізаційної мережі 2. Стояки прокладають по стінах всередині опалювальних приміщень або в монтажних шахтах, блоках і санітарно-технічних кабінах. Їх виводять через горищне приміщення вище даху. Внаслідок обігріву стояків в опалювальних приміщеннях в них створюється тяга повітря, що забезпечує вентиляцію внутрішньої і зовнішньої каналізаційної мережі. Верхню частину стояка називають витяжною трубою 1, на кінці її встановлюють дефлектор (флюгарка).

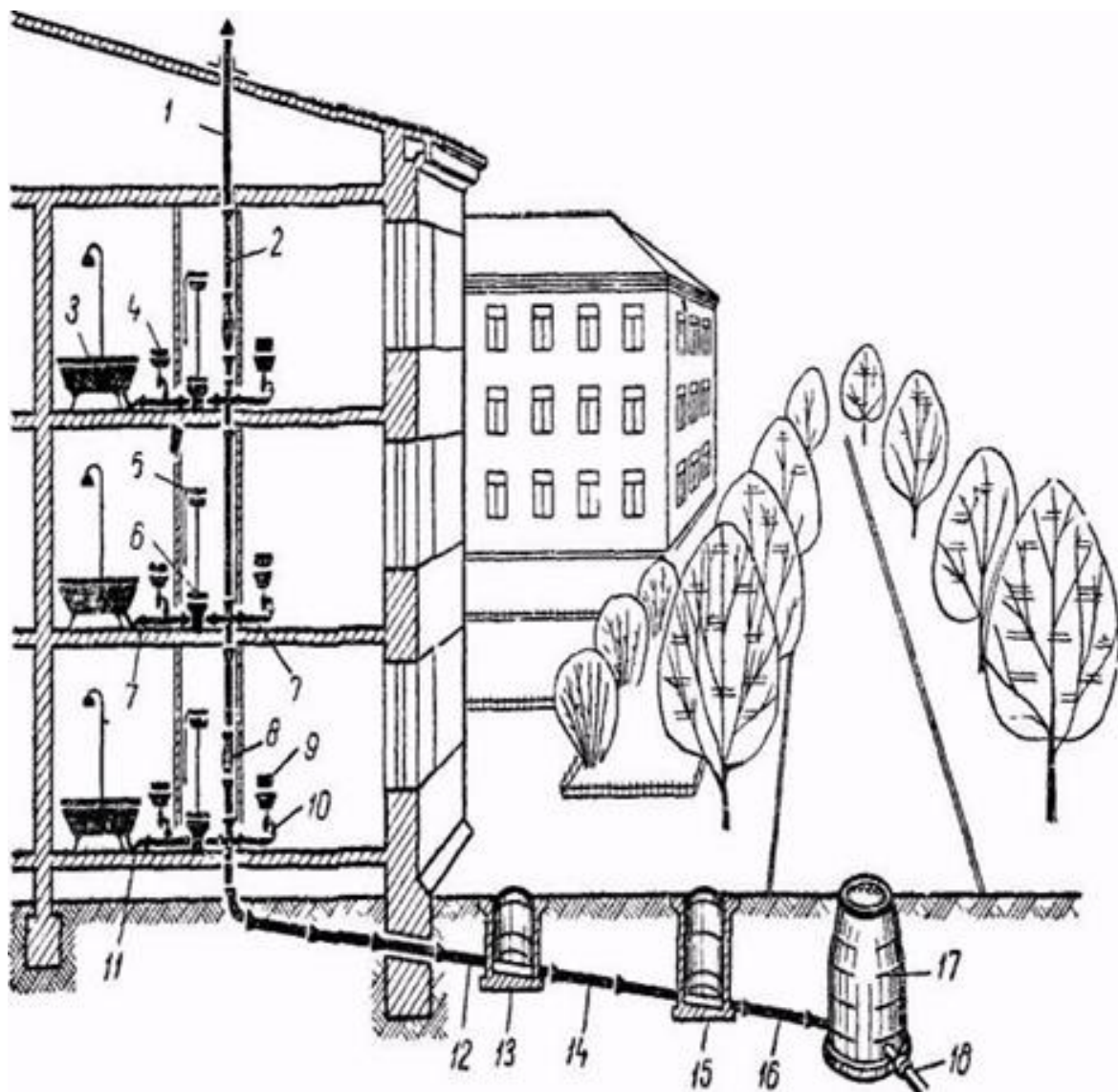


Рисунок 6.1 – Схема внутрішньої каналізації:

1 – витяжна вентиляційна труба; 2 – стояк; 3 – ванна; 4 – умивальник; 5 – змивний бачок; 6 – унітаз; 7 – відвідна труба; 8 – ревізія; 9 – кухонна мийка (раковина); 10 – гідравлічний затвор; 11 – підлоговий сифон; 12 – випуск; 13 – оглядовий колодязь на дворовій мережі; 14 – дворова мережа; 15 – контрольний колодязь; 16 – з'єднувальна гілка; 17 – оглядовий колодязь на вуличній мережі; 18 – вулична мережа

Щоб повітря і гази не проникали в приміщення, між мережею і санітарними приладами передбачають водяні затвори 10. В унітазах і трапах водяні затвори є конструктивним елементом приладу, а під умивальниками, ваннами, мийками і раковинами встановлюють спеціальні фасонні частини – сифони. Одним сифоном можна обслужити кілька приладів. Вода в ньому автоматично замінюється свіжою після кожного скидання нової порції води в санітарний прилад. Для огляду і прочищення труб встановлюють ревізії 8 і прочистки.

Стічні води надходять по стояку через випуск 12 в дворову або внутрішньоквартальну каналізаційну мережу. У місці приєднання кожного випуску до дворової або внутрішньоквартальної каналізаційної мережі влаштовують оглядовий колодязь 13, який призначається для спостереження за роботою внутрішньої мережі та для її прочистки при засміченні.

У виробничих приміщеннях приймачами стічних вод служать воронки, трапи, відкриті і закриті лотки, наявні у виробничих апаратів і машин. Внутрішньоцехову каналізаційну мережу в виробничих приміщеннях влаштовують аналогічно внутрішньої будинкової мережі з чавунних або пластмасових труб у вигляді стояків, відвідних труб і випусків.

6.1.2. Зовнішня каналізаційна мережа

Зовнішньою каналізаційною мережею називають прокладену з ухилами розгалужену підземну мережу труб і каналів, що відводить стічні води самотіком до насосної станції, очисних споруд або у водойму. Залежно від призначення, місця укладання і розмірів зовнішні каналізаційні мережі називають: дворовою – прокладеною в межах прибудинкової території або одного домогосподарства; вуличною – прокладеною по вулицях і проїздах, що приймає стічні води з дворових мереж, внутрішньоквартальною – прокладеною всередині кварталу; заводською – прокладеною на території промислових підприємств.

Для контролю за роботою дворової і внутрішньоквартальної мереж в кінці їх влаштовують оглядовий колодязь, який називають контрольним (див. рис. 6.1 поз. 17). Ділянка мережі, що з'єднує контрольний колодязь з вуличною мережею, називають з'єднувальною гілкою.

Вулична мережа міст сильно розгалужена і охоплює великі території, з яких стічні води відводяться переважно самотіком. Для цього всю каналізовану територію населеного місця ділять на басейни каналізування.

Басейном каналізування називають частину каналізованої території, обмежену водорозділами.

Ділянка каналізаційної мережі, що збирає стічні води з одного або декількох басейнів каналізування, називають **колектором**. Колектори підрозділяють на:

- колектори басейну каналізування, що збирають стічні води з каналізаційної мережі одного басейну;
- головні колектори, що збирають стічні води двох або декількох колекторів басейнів каналізування;

– заміські (або відвідні) колектори, що відводять стічні води транзитом за межі об'єкта каналізування до насосних станцій, очисних споруд або до місця випуску у водойму.

У великих містах з сильно розвинутою міською мережею колектори великих розмірів нерідко називають каналами.

Залежно від призначення каналізаційні насосні станції підрозділяють на:

– місцеві, призначені для перекачування стічних вод від одного або декількох окремих, несприятливо розташованих будівель або житлових кварталів;

– районні, призначені для перекачування стічних вод від окремих районів або басейнів каналізування;

– головні, що перекачують основну частину або всю кількість стічних вод каналізуемого населеного пункту або промислового підприємства.

На рис. 6.2 для прикладу наведено схему каналізації міста, що має 3 басейни каналізування.

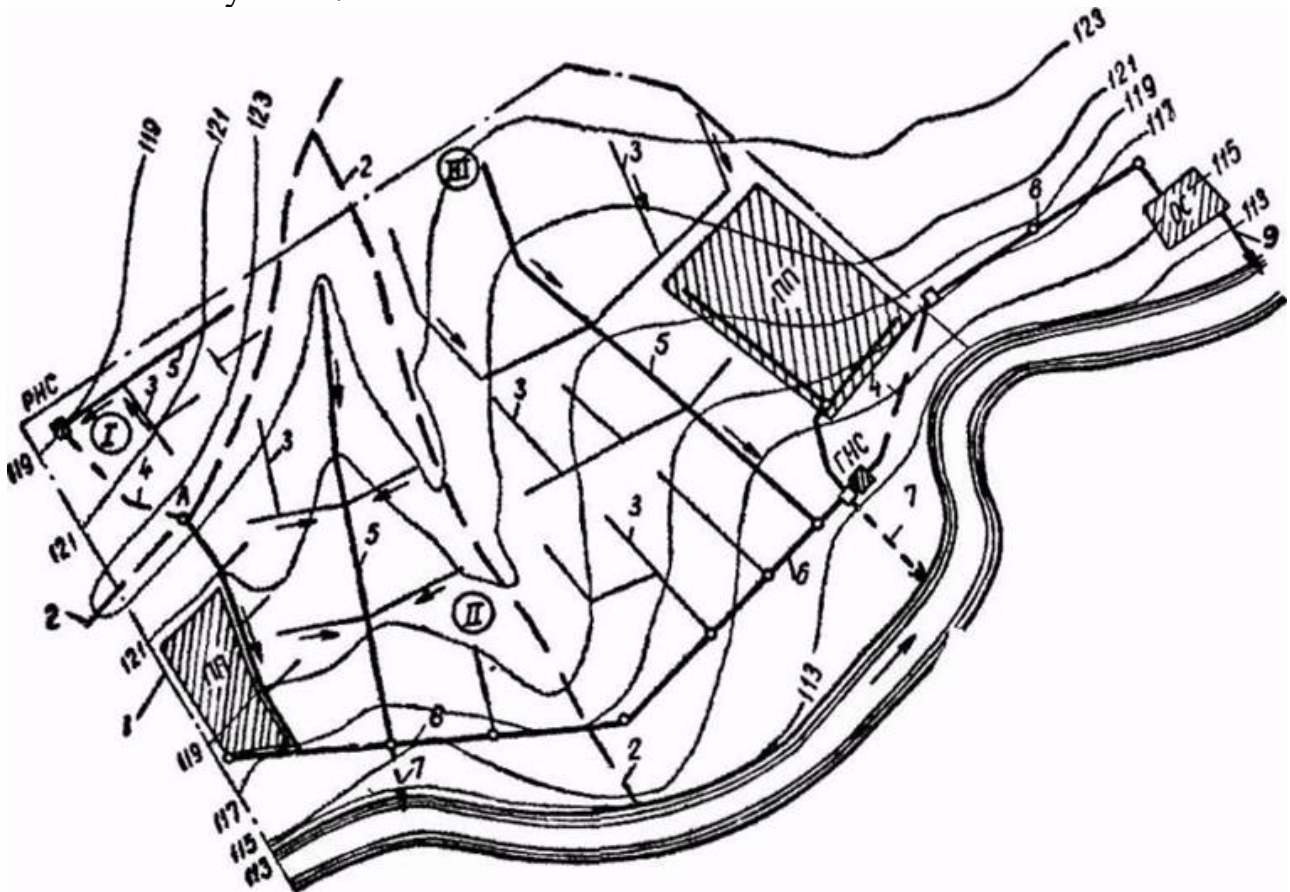


Рисунок 6.2 – Загальна схема і основні споруди каналізації населеного пункту: I - III - басейни каналізування; ПП – промислове підприємство; РНС – районна насосна станція;

ГНС – головна насосна станція;

1 - межа міста; 2 - межі басейнів каналізування; 3 - вулична мережа; 4 - напірні водоводи;
5 - колектори; 6 - головний колектор; 7 - аварійні випуски; 8 - заміський або відвідної колектор; 9 - випуск у водойму

Кожен з них має свій колектор 5 до якого приєднано вуличні колектори 3, що, в свою чергу, збирають стічні води з дворових мереж. З басейнових колекторів вода потрапляє до головного, що прокладений по найнижчих ділянках території міста, причому з басейнів II та III – безпосередньо, а з басейну I по напірному трубопроводу 4 її відкачує районна насосна станція РНС до найвищої точки водорозділу Л, з якої вода самопливом стікає до головного колектору. Таке рішення прийнято бо басейн каналізування I відділений від басейну II водорозділом, що унеможливорює відвід стічних вод в головний колектор самопливом.

Зазвичай вважається доцільним транспортувати побутові стоки самопливом до самої очисної станції (ОС) і лише там піднімати її на поверхню за допомогою головної насосної станції (ГНС). Але, за умов складного рельєфу або відсутності території для влаштування ОС поблизу міста, таку ГНС будують на території населеного пункту, як це показано на рис. 6.2 та по напірному 4 та заміському 9 трубопроводах перекачують всі стічні води на ОС.

Очисні станції призначені для очищення стічних вод і обробки осадів; вони компонуються з очисних і допоміжних споруд, пов'язаних між собою інженерними комунікаціями в єдину технологічну схему. Комплекси очисних споруд вибирають залежно від концентрації, якісної і кількісної характеристики забруднюючих домішок, а також від вимог, що пред'являються доочищеним водам за місцевими умовами. Канал 9, що відводить очищені стічні води від очисних станцій у водойму і забезпечений пристроєм для перемішування цих вод з водою водойми, називають випуском. На колекторах перед насосною і очисною станціями також влаштовують випуски 7 для скидання стічних вод у водойму без очищення в разі аварії; ці випуски називають аварійними.

При складанні схеми загальносплавної системи каналізації на головному колекторі передбачають пристрій дощових спусків для часткового скидання в водойми під час великих злив сильно розведеної суміші побутових і дощових вод. Це дозволяє зменшити розміри головного колектору та очисних споруд, а отже, і вартість будівництва загальносплавної каналізації.

Схеми каналізаційної мережі міст, населених пунктів або промислових підприємств залежать від рельєфу місцевості, ґрунтових умов, місця розташування очисних станцій, концентрації і різновидів забруднень стічних вод, а також планувальних факторів та інших умов (наземних і підземних перешкод і ін.).

Територію, що складається з декількох окремих терас зі значною різницею відміток, можна розбити на зони, що каналізуються самостійно. Таку схему каналізаційної мережі називають поясною або зонною. Стічні води верхньої зони можуть самопливом надходити на очисні станції, і тільки стічні води нижньої зони перекачують безпосередньо на очисні станції або в колектор верхньої зони, що дає змогу зменшити експлуатаційні витрати. Схему каналізаційної мережі, що має кілька очисних станцій, називають радіальною або децентралізованою.

На рис. 6.3 приведена одна з можливих схем каналізаційної мережі промислового підприємства (ПП) з житловим селищем. Тут представлена повна роздільна система каналізації з трьома абсолютно самостійними каналізаційними мережами і двома очисними станціями.

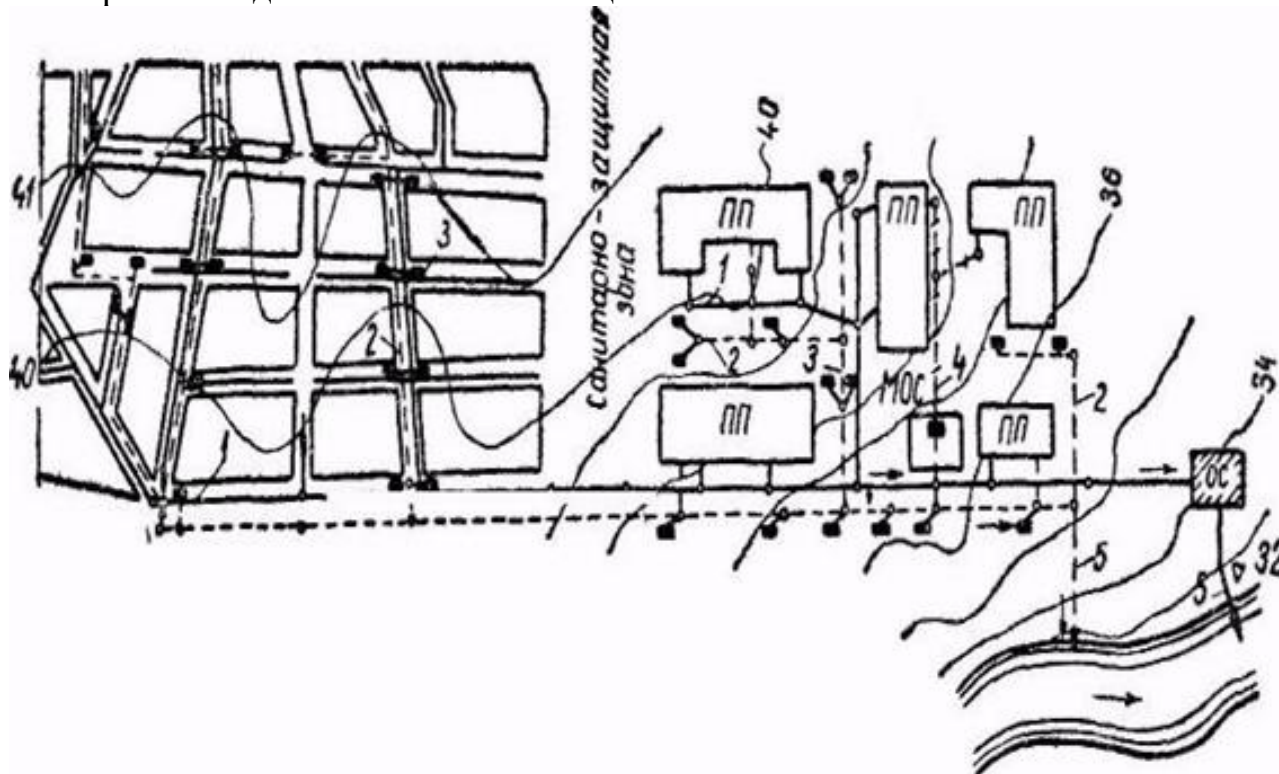


Рисунок 6.3 – Повна роздільна система каналізації промислового підприємства з селищем:
1 - виробничо-побутова мережа; 2 - виробничо-дощова мережа; 3 - дощоприймачі; 4 - мережа забруднених виробничих стічних вод; 5 - випуски

Виробничо-побутова мережа приймає всі побутові і забруднені виробничі стічні води від селища і підприємства. Води цієї мережі перед випуском у водойму необхідно чистити на загальній ОС.

Виробничо-дощова мережа приймає атмосферні води з території підприємства та селища через дощоприймачі, а також незабруднені води з цехів і скидає їх безпосередньо у водойму без очищення. Для забруднених виробничих стічних вод влаштована самостійна місцева очисна станція (МОС). Очищені води можна повторно використовувати у виробництві або скинути в виробничо-дощову мережу, а якщо очищення на місцевих очисних спорудах недостатньо, то передати в виробничо-побутову мережу для доочистки спільно з побутовими стічними водами. Очищені води скидаються у водоймище через випуск.

Схеми каналізації міст і промислових комплексів можуть бути централізованими, децентралізованими і районними (регіональними). При централізованій схемі стічні води всіх басейнів каналізування направляють по одному або декільком колекторам на єдину для всього міста очисну станцію, розташовану нижче міста, за течією річки. Децентралізовані схеми каналізаційної мережі застосовують при каналізуванні великих міст в умовах як сильно пересіченого, так і дуже плоского рельєфу місцевості. У цьому випадку влаштовують районну каналізацію з самостійними очисними спорудами.

6.2. Визначення кількості та властивостей стічних вод

У населених пунктах і на промислових підприємствах, як правило, доводиться відводити три основних види стічних вод.

1. Виробничі, що представляють собою води, які відпрацювали в технологічному процесі виробництва або виходять при видобутку корисних копалин (води вугільних шахт, рудників, пластові води нафтових промислів і т.п.).

2. Побутові – від санітарних вузлів адміністративних і виробничих корпусів, від миття підлог в цих корпусах, а також від душових установок, розташованих в виробничих цехах або спеціальних павільйонах/

3. Атмосферні – дощові і від танення снігу.

Кількість, режим надходження і склад стічних вод знаходяться в залежності від виду сировини, що переробляється, технологічного процесу виробництва, якості води, споживаної для виробничих цілей, місцевих умов і ряду інших факторів. Вид сировини, що переробляється значно впливає на склад виробничих стоків; нерідко складові частини сировини є основним компонентом забруднення стічних вод. Так, наприклад, основним забруднювачем стічних вод вуглезбагачувальних фабрик є частинки вугілля; на нафтопромислах і нафтопереробних заводах такими забруднювачами є нафта і нафтопродукти; на шкіряних заводах і вовномийних фабриках – шерсть і жири; на підприємствах основної хімії – кислоти, луги і т. і. Крім того, в одній і тій же галузі промисловості на підприємствах одного профілю кількість стічних вод неоднакова, і вони мають різну концентрацію забруднень.

При проектуванні каналізації промислових підприємств необхідно мати повний фізико-хімічний аналіз складу загального стоку виробничих вод і основних цехових стоків. На підставі цих даних може бути розроблена раціональна схема відведення, обробки і використання виробничих стічних вод.

За своїм складом виробничі стічні води діляться на дві основні групи: незабруднені (умовно чисті) і забруднені. Незабруднені виробничі стічні води надходять в основному від конденсаторів парових машин, холодильників та ін. Забруднені виробничі стічні води можуть містити різні домішки. Одні з них забруднені переважно мінеральними речовинами, інші – переважно органічними; більшість же видів стічних вод містить змішані забруднення. У деяких випадках виробничі стічні води можуть виявитися небезпечними в епідеміологічному відношенні (наприклад, стічні води боєнь, шкіряних заводів, фабрик з виро-

блення протиепідемічних сироваток, які можуть містити бактерії сибірської виразки, збудників сапу і інші бактерії).

За змістом забруднюючих речовин стічні води діляться на висококонцентровані і слабо концентровані. При оцінці якості виробничих стічних вод особливу увагу слід звертати на водневий показник води – рН. Ця величина значною мірою визначає корозійні властивості рідини та, відповідно, вибір матеріалів для каналізаційних споруд.

За ступенем агресивності стічні води поділяють на:

- слабоагресивні (слабо кислі з рН 6 ... 6,5 і слабо лужні з рН 8 ... 9);
- сильно агресивні (сильно кислі з рН < 6 і сильно лужні з рН > 9).

При оцінці агресивності стічних вод потрібно враховувати їх температуру і швидкість руху, так як збільшення цих показників в більшості випадків прискорює процес корозії.

Стічні води, що містять отруйні домішки, необхідно, перш за все, використовувати у виробництві, в якому вони утворюються, або в спорідненому. Наприклад, в розсільному циклі хлорного виробництва ртутьвмісна стічна вода, звільнена від зважених речовин, при певних умовах може бути використана для приготування розсолу ртутного електролізу. При цьому ртуть виявляється локалізованою в одному виробництві.

Якісний і кількісний склади виробничих стічних вод визначають на діючих підприємствах за результатами фізико-хімічних аналізів, а для підприємств, що проектується, за основу беруться дані роботи аналогічних підприємств.

У тих випадках коли попереднє ознайомлення з технологією виробництва дає підставу вважати, що на підприємстві в різних цехах утворюються стічні води, що різко розрізняються за своїми властивостями, необхідно досліджувати стоки окремих виробництв, лабораторій і т. і. Отримані дані дозволяють виявити найбільш шкідливі стоки і вирішити питання про доцільність влаштування цехових очисних споруд або здійснення інших заходів для знешкодження стічних вод цих виробництв. Кількість виробничих стічних вод визначається по продуктивності підприємства і укрупненим нормам водовідведення (на одиницю готової продукції або сировини, що переробляється, а для електричних станцій – на одиницю потужності встановлених машин).

Питомі витрати стічних вод в різних галузях промисловості коливаються в широких межах. Так, наприклад, при збагаченні 1 т руди кольорових металів утворюється 50-90 м³ стічних вод, при виплавці 1 т міді – до 350 м³, 1 т нікелю – до 800 м³, 1 т алюмінію – 1500 м³, при виробленні 1 т паперу утворюється до 150 м³ стічних вод, 1 т целюлози – 450 м³ і т. д. При сучасних масштабах виробництва підприємства багатьох галузей промисловості скидають великі кількості стічних вод, що відрізняються за характером забруднень і їх концентрацією. Стічні води невеликих промислових підприємств, розташованих в містах, окремо не враховуються, якщо вони забезпечуються водою з комунальних водопроводів, так як спожите цими підприємствами кількість води враховується в

нормах водовідведення побутових стічних вод для даного міста.

Одним з основних завдань при проектуванні каналізації промислових підприємств є правильне визначення розрахункових (середньодобових, часових і секундних) витрат стічних вод, їх складу, властивостей і режиму припливу.

Кількість стічних вод на промислових підприємствах, як правило, менше кількості поданої для них водопровідної води і знаходиться в залежності від системи водопостачання.

Розрахункові витрати дощових вод визначаються в залежності від місцевих умов – географічного місцезнаходження промислового підприємства, рельєфу, благоустрою території. Ці води з території відводяться самостійною мережею або спільно з виробничими стічними водами. Дощова мережа розраховується на максимальну секундну витрату незабруднених дощових вод. Кількість забруднень в дощових водах з території промислових підприємств розраховується на 1 га площі. Для регулювання припливу дощових вод на очисні споруди допускається передбачати регулюючі резервуари або ставки-накопичувачі. Вода надходить в ставок-накопичувач, де освітлюється, після чого повинна використовуватися у виробничому водопостачанні або на полив.

6.3. Умови прийому стічних вод у каналізаційні мережі

Можливість прийому різних категорій стічних вод в каналізаційні мережі роздільної і загальносплавної систем каналізації визначається виходячи зі складу забруднень цих вод і доцільності спільного їх очищення з урахуванням санітарно гігієнічних і техніко-економічних показників.

Побутові і забруднені виробничі стічні води не повинні надходити в дощову мережу, призначену для відведення тільки атмосферних вод, а води від фонтанів, дренажів і від поливання вулиць – в мережу побутових або виробничо побутових вод.

Спільні відведення та очищення побутових і виробничих стічних вод, як правило, є найбільш доцільними по техніко-економічним показникам, проте в ряді випадків виявляються неприпустимими через наявність у виробничих стічних водах шкідливих і отруйних речовин. Тому при проектуванні спільного відведення побутових і виробничих стічних вод слід в кожному випадку виходити з якісного складу забруднень виробничих стічних вод і можливості утворення в суміші стічних вод концентрацій шкідливих речовин, небезпечних для обслуговуючого персоналу і порушують біологічні процеси очищення. Гранично допустимі концентрації (ГДК) різних отруйних речовин наводяться у нормативних документах, в правилах технічної експлуатації каналізації і правилах прийому виробничих стічних вод в загальноміській каналізації. Вміст радіоактивних елементів в стічних водах регламентується санітарними правилами роботи з радіоактивними речовинами і джерелами іонізуючих випромінювання.

Виробничі стічні води можуть бути прийняті в роздільну або загальносплавну мережі, якщо вони не містять токсичних органічних забруднень. В тих випадках коли спільне відведення побутових і виробничих вод не задовольняє

зазначеним умовам, вони відводяться і очищаються окремо і можуть бути прийняті в каналізаційні мережі тільки після попереднього очищення. Стічні води дрібних підприємств, а також місцевої та харчової промисловості по переробці сільськогосподарських продуктів (наприклад, картопле крохмальної, молочної, пивоварної та ін.) можуть прийматися в міські каналізації без обмеження і в ряді випадків без попередньої обробки.

Стічні води деяких підприємств, наприклад м'ясокомбінатів і шкіряних заводів, можуть бути прийняті в міські каналізації тільки після їх попередньої обробки та знезараження в цілях запобігання від попадання патогенних бактерій.

У міські каналізації не приймають без попереднього очищення виробничі стічні води, що містять жири, масла, смоли, бензин, нафтопродукти, отруйні речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічній очистці та скиду у водойми, нерозчинні домішки з великою питомою вагою, а також води з волокнистими і об'ємними домішками, які засмічують і закупорюють мережі, ускладнюють роботу насосних станцій, порушують процеси біологічного очищення стічних вод і обробку осаду, а також надають воді руйнівний (корозійний) вплив на матеріал труб і елементи споруд каналізації. Температура виробничих стічних вод не повинна бути вище 40 °С. Не допускається також скидання води, яка може виділяти отруйні або вибухонебезпечні гази, а також стоків підприємств важкої промисловості, заводів чорної металургії, рудозбагачувальних фабрик, машинобудівних та хімічних комбінатів.

Виробничі стічні води в суміші з побутовими при підході до біологічних очисних споруд не повинні мати водневий показник рН нижче 6,5 і вище 9 і не повинні мати концентрацію зважених речовин і спливаючих домішок більше 500 мг/дм³.

На мережах виробничої каналізації зі стоками кислими, радіоактивними або що виділяють вибухонебезпечні гази, необхідно встановлювати відповідні аналізатори, свідчення яких можуть передаватися на відстань. При порушенні абонентами правил спуску стічних вод у загальноміській мережі контрольні прилади повинні дати відповідний сигнал і імпульс на закриття засувки на випуску стічних вод.

6.4. Методи очищення стічних вод і обробки осаду

6.4.1. Очищення стоків

Методи, що застосовуються для очищення стічних вод, можуть бути розділені на три групи: механічні, фізико-хімічні та біологічні. Для ліквідації бактеріального забруднення стічних вод застосовують їх знезараження (дезінфекцію).

Механічне очищення проводиться для виділення зі стічної води нерозчинних крупнодисперсних домішок шляхом проціджування, відстоювання і фільтрування. Для затримання великих забруднень і частково зважених речовин застосовують проціджування води через різного роду решітки та сита. Для

виділення зі стічної води зважених речовин, частинки яких мають велику або меншу густину, ніж густина води, застосовують відстоювання. При цьому важкі частки осідають на дно під дією сили тяжіння, а легкі спливають на поверхню.

Частинки мінерального походження, головним чином піску, виділяють зі стічних вод шляхом осадження в спорудах, званих пісколовками. Основну масу більш дрібної суспензії, переважно органічного характеру, виділяють зі стічних вод у відстійниках. Речовини, легші, ніж вода: жири, масла, нафта, смоли та інші спливають на поверхню речовини – виділяються в спорудах, званих жиropастками, маслоуловлювачами, нафтопастками і смолувловлювачами. Ці споруди застосовуються для очищення виробничих стічних вод.

Нарешті, для звільнення стічних вод від частинок дуже дрібної суспензії, що знаходиться в підвішеному стані, застосовують фільтрування стічних вод шляхом пропуску їх через тканину (сітку) або шар зернистого матеріалу, на поверхні і в товщі якого затримується виділена з стічних вод тверда фаза. Фільтрування застосовується при механічному очищенні головним чином виробничих стічних вод.

Механічну очистку як самостійний метод використовують в тих випадках, коли при її застосуванні досягається такий рівень звільнення стічних вод від забруднень, що дозволяє (за місцевими умовами і відповідно до санітарних правил) використовувати освітлену воду для тих чи інших виробничих цілей або спускати ці води в водойму. У всіх інших випадках механічна очистка слугує попередньою стадією перед біологічним очищенням.

Як показали дані експлуатації відстійників на ряді очисних станцій, в осад випадає не більше 60 % загальної маси зважених речовин, що знаходяться в стічних водах. Більш високий ефект може бути отриманий шляхом застосування різних засобів інтенсифікації процесу освітлення. До числа їх відносяться біокоагуляція, освітлення зі зваженим фільтром і преаерація з надлишковим активним мулом або без нього.

Фізико-хімічні методи очищення полягають в тому, що в воду, що очищається вводять ту чи іншу речовину – реагент. Наприклад, коагулянт або флокулянт. Вступаючи в хімічні реакції чи фізичну взаємодію з домішками, що знаходяться у воді, ці речовини сприяють повнішому виділенню нерозчинних часток, колоїдів та частини розчинених сполук і тим самим зменшують їх концентрацію у стічній воді. Фізико-хімічними методами вдається також переводити розчинні сполуки в нерозчинні або в розчинні, але нешкідливі, змінювати рН стічних вод, зокрема нейтралізувати їх, знебарвлювати забарвлену воду та ін.

Фізико-хімічні методи найчастіше застосовують при очищенні виробничих стічних вод. Якщо при цьому досягається ступінь очищення достатня для використання стічних вод повторно, той чи інший метод може стати остаточною стадією очистки. В інших випадках, наприклад, при видаленні отруйних сполук або будь-яких інших речовин, що перешкоджають нормальній роботі

очисних споруд, ці методи можуть бути попередньою стадією.

Біологічні методи очищення засновані на життєдіяльності мікроорганізмів, які сприяють окисленню або відновленню органічних речовин, знаходяться в стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів і в розчині і є для мікроорганізмів джерелом живлення, в результаті чого і відбувається очищення стічних вод від органічних забруднень.

Існуючі в даний час споруди для біологічного очищення стічних вод можуть бути розділені на два основних типи:

- споруди, в яких очищення відбувається в умовах, близьких до природних;

- споруди, в яких очищення відбувається в штучно створених умовах.

Споруди для біологічного очищення в природних умовах, в свою чергу, можуть бути розділені на:

- споруди, в яких відбувається фільтрування стічних вод, що очищуються через ґрунт (поля зрошення і поля фільтрації);

- споруди, що представляють собою водойми (біопруди), заповнені стічною водою, що протікає і очищується.

У спорудах першого типу (біопруди, поля зрошення, поля фільтрації) поглинання кисню мікроорганізмами йде безпосередньо з повітря. У спорудах другого типу цей процес йде, головним чином, за рахунок природного розчинення повітряного кисню у воді (реаерація) або за рахунок механічної аерації. Вплив на ефективність очистки кліматичних умов і велика територія, яку займають згадані споруди обмежують розвиток природних прийомів біологічного очищення стічних вод.

Для біологічного очищення стічних вод в штучних умовах застосовують аеротенки, біофільтри і аерофільтри. У цих спорудах очищення протікає більш інтенсивно, ніж на полях зрошення, полях фільтрації і ставках, тому що штучним шляхом створюються кращі умови для розвитку активної життєдіяльності мікроорганізмів.

Інтенсивністю процесу очищення стічних вод в тому чи іншому спорудженні визначається його окислювальною потужністю, під якою розуміється число грамів кисню, що в 1 м³ споруди на добу використовується для:

- зниження БСК стічних вод після очистки по відношенню до його вихідного значення;

- окислення амонійних солей до нітритів і нітратів;

- підвищення вмісту в стічних водах розчиненого кисню.

При підвищених вимогах до чистоти стоків після біологічної їх піддають додатковій очистці. Найбільше поширення в якості споруд для доочищення отримали піщані фільтри (головним чином двох- і багат шарові), а також контактні освітлювачі. Мікрофільтри застосовуються рідше.

Зниження концентрації важкоокислюваних речовин, що фіксується значенням ХСК очищених вод, можливо методом адсорбції, наприклад, активованим вугіллям, і хімічним окисленням, наприклад, шляхом озонування. Знижен-

ня концентрації солей можливо методами знесолення, застосовуваними в практиці водопідготовки.

Очищення від біогенних елементів. Біологічно очищена вода містить амонійний азот і фосфор в значній концентрації. Азот і фосфор сприяють посиленому розвитку водної рослинності, подальше неодмінне відмирання якої призводить до вторинного забруднення водойми. Підраховано, що 1 мг азоту продукує 10 мг водної рослинності, а 1 мг фосфору – 115 мг.

Азот видаляють фізико-хімічними та біологічними методами. перший метод полягає в підвищенні рН води до 10 - 11 шляхом вапнування (в результаті отримання NH_4OH) з подальшою віддувкою аміаку повітрям в градирнях. Біологічний метод здійснюється в два ступені. На першій в аеротенках тривалої аерації при відсутності углеродовмісних забруднень (видалених в звичайному аеротенку) інтенсивно проходять процеси нітрифікації. На другий ступені застосовується денітрифікатор – споруда, ізольована від доступу повітря. В анаеробних умовах бактерії-денітрифікатори використовують для своєї життєдіяльності хімічно зв'язаний кисень нітритів і нітратів і руйнують, таким чином, ці сполуки, в результаті чого виділяється молекулярний азот. Фосфор видаляють хімічним осадженням солями заліза, алюмінію, вапном. Реагенти подають або в стічну воду перед первинними відстійниками, або в очищений стік перед вторинними відстійниками, або в аеротенк. Найбільш ефективним є останній варіант. Ефект видалення фосфору досягає 80 %.

6.4.2. Дезінфекція очищених стічних вод

У практиці очищення стічних вод дезінфекцію здійснюють тими ж прийомами і засобами, що і при очищенні природних вод. Найбільш часто застосовують хлорування газоподібним хлором, а на станціях пропускну здатністю до 1000 м^3 на добу використовують і хлорне вапно. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається знезараження біологічно очищених вод гіпохлоритом натрію, а також шляхом електролізу розчину NaCl .

6.4.3. Методи обробки осаду

При очищенні стічних вод будь-яким з описаних вище методів утворюється осад внаслідок випадання не розчинених речовин в первинних відстійниках. Крім того, в результаті біологічного очищення утворюється велика кількість осаду (так званого надлишкового мулу), який виділяється у вторинних відстійниках. Осад складається з твердих речовин, сильно розбавлених водою. У сирому стані при очищенні побутових і деяких виробничих вод цей осад має неприємний запах і є небезпечним в санітарному відношенні, так як містить величезну кількість бактерій (в тому числі можуть бути і хвороботворні) і яєць гельмінтів. Для зменшення кількості органічних речовин в осаді і надання йому кращих санітарних показників осад піддають дії анаеробних мікроорганізмів (зброджування) і аеробної стабілізації мулу у відповідних спорудах. До анаеробних споруд відносяться септики, двох'ярусні відстійники, метантенки.

Перші два типи споруд виконують одночасно два завдання:

- виділення з стічних вод нерозчинених речовин шляхом відстоювання;
- зброджування утворення осаду.

Метантенки призначаються переважно для зброджування осаду; рідше вони застосовуються для попередньої анаеробної очистки висококонцентрованих стічних вод.

Для зменшення вологості осаду стічних вод і його обсягу служать мулові ставки (для невеликих станцій) і мулові майданчики. Для зневоднення осаду застосовуються різні механічні прийоми – фільтрування з використанням вакуум-фільтрів та фільтрпреси і центрифугування. Створюються ефективні апарати по термічній сушці і спалюванню осадів. Важливе значення набуває утилізація осадів в якості органо-мінерального добрива та білково-вітамінних добавок до раціонів харчування сільськогосподарських тварин.

В окремих випадках при сприятливих місцевих умовах влаштовують накопичувачі осаду, який виділяється з виробничих стічних вод.

При виборі місця очищення і обробки осаду стічних вод населених пунктів і промислових підприємств, а також місця розташування і типів очисних споруд необхідно в першу чергу виявляти можливість і доцільність промислового використання очищених стічних вод і осаду.

6.5. Дощова каналізація (водостоки)

Зовнішня дощова каналізація (водостоки) призначена для організованого і достатньо швидкого відведення з території міста або промислового підприємства атмосферних опадів або талих вод. Швидкий відвід цих вод особливо необхідний, якщо вулиці мають водонепроникне покриття, так як в протилежному випадку під час сильних злив можливе затоплення вулиць і підвалів будівель, розташованих в низьких місцях. Наявність водостічної мережі запобігає підйому рівня ґрунтових вод в населених пунктах, що має важливе значення для їх благоустрою.

У дощову каналізацію крім дощових і талих вод іноді скидають також так звані умовно чисті води, які утворюються при технологічних процесах на підприємствах. Але їх скидання в дощову каналізацію допускається тільки з дозволу уповноважених державних органів. В окремих випадках в замиські ділянки дощової мережі направляють побутові стічні води після відповідного їх очищення.

Зовнішню дощову (водостічну) мережу влаштовують відкритого, закритого і змішаного типу. В першому випадку дощові води відводять за допомогою відкритих каналів і лотків; у другому – дощова вода, що стікає по поверхні, збирається водовідвідними лотками, що входять в конструкцію міських доріг і тротуарів, і через особливі колодязі, звані дощоприймачами, надходить в мережу підземних трубопроводів, по якій вона сплавляється в найближчі тальвеги або безпосередньо у природні водойми. Водостічні мережі другого типу отримали в сучасних містах найбільше поширення, так як є більш досконалими. В третьому випадку частина елементів мережі є відкритими, а там де не-

можливо влаштування каналів (наприклад, при великій глибині), влаштовуються закриті підземні трубопроводи.

У всіх зазначених вище типах мережі відведення дощових вод у водойми, як правило, проводиться самотливом. До перекачування дощових вод вдаються лише в дуже рідкісних випадках, при особливо несприятливих умовах рельєфу місцевості.

Для відводу атмосферних вод з дахів житлових будинків, які мають особливі конфігурації, а також іноді з дахів цехів промислових підприємств влаштовують так звані внутрішні водостоки, розміщені в межах будівель. З внутрішньої мережі дощові води відводяться в зовнішню дощову каналізацію.

Контрольні питання до розділу 6

1. Назвіть внутрішні каналізаційні пристрої.
2. Що таке зовнішня каналізаційна мережа?
3. Надайте визначення кількості та властивостей стічних вод.
4. Назвіть умови прийому стічних вод у каналізаційні мережі.
5. Наведіть методи очищення стічних вод і обробки осаду.
6. Наведіть методи очищення стічних вод.
7. Що таке дезінфекція очищених стічних вод?
8. Наведіть методи обробки осаду.
9. Наведіть типи дощової каналізації.

7. СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОБУТОВИХ СТОКІВ

7.1. Схема станції очистки міських стоків

Сучасні станції очищення міських стічних вод вважаються промисловими комплексами, що продукують очищену воду. Комплекс очисних споруд включає чотири основні блоки: механічного очищення, біологічного очищення, знезараження води і обробки осадів.

У цеху механічного очищення з води вилучаються нерозчинні домішки, при цьому вони розділяються на переважно органічні і переважно неорганічні. Послідовність видалення різних домішок обумовлена ступенем їх дисперсності і питомою масою.

На першій стадії очищення воду безпосередньо з головного каналізаційного колектору проциджують через ґрати 1 (рис. 7.1), що затримують крупні домішки: гілки, великі шматки резини або пластика, будь-що, що може завадити роботі насосів. Насосами 2 стік подають на поверхню і ще раз проциджують крізь ґрати 3 з подовжніми отворами не більше 16 мм. При такій величині отворів кількість відходів, що затримуються на ґратах, складатиме в рік 8 дм³ на 1 людину. Якщо добова кількість затримуваних відходів не перевищує 0,1 м³, то допускається ручне очищення і вивіз відходів. У інших випадках застосовують механізоване очищення і подрібнення відходів, скидання їх назад в потік стічної води або ж обробка спільно з осадами. Суха речовина осадів на 93 – 95 % складається з органічних сполук.

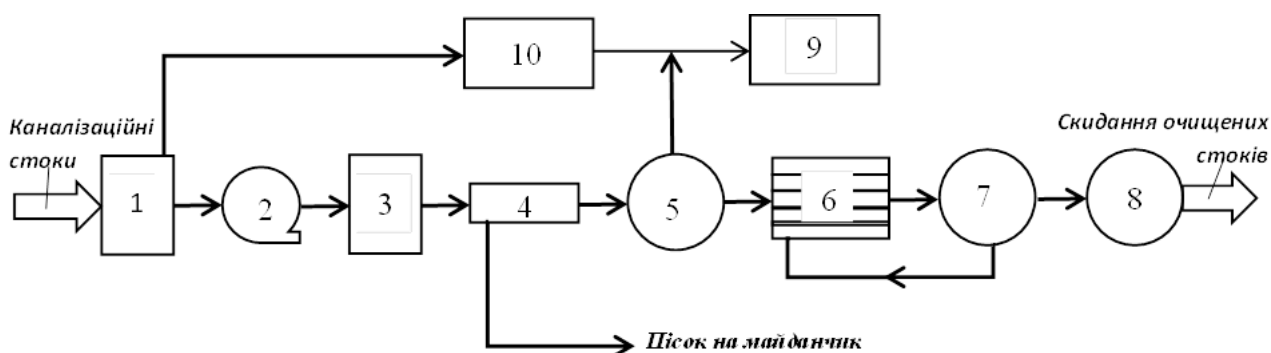


Рисунок 7.1 – Принципова схема міської станції очистки стічних вод:

1– ґрати; 2 – насоси; 3 – решітки; 4 – пісколовка; 5 – первинний відстійник; 6 – аеротенки; 7 – вторинний відстійник; 8 – знезараження води; 9 – блок обробки осадів; 10 – дробарка

На наступній стадії – в пісколовках 4 – вода звільняється від важких мінеральних домішок (головним чином піску), що береже подальші споруди від абразивної корозії. Пісок, що осів, переміщається на піщані майданчики або ж в бункери, звідки вивозиться і використовується для вирівнювання ділянок місцевості. Пісколовки влаштовують за умов продуктивності очисних споруд більше 100 м³/доб. Їх повинно бути не менше двох. Тип пісколовки залежить від витрати стоків. При продуктивності станції очистки до 5 000 м³/доб. доцільно

застосовувати тангенціальні пісколовки, що за принципом дії схожі з гідроциклонами (див. рис. 3.27). Якщо очистці підлягає 10 000 – 20 000 м³ стоків на добу, рекомендують будувати так звані аеруємі пісколовки, які ззовні схожі на горизонтальні відстійники але відрізняються від них вимушеним спіральним рухом стоків, завдяки чому розділення рідини та піску проходить як за рахунок гравітаційних, так і інерційних сил. На очисних станціях великих міст широке застосування знайшли горизонтальні відстійники (див. рис. 3.24).

Нарешті, на останній стадії механічного очищення в первинних відстійниках 5 виділяють частину завислих речовин, які в результаті відстоювання утворюють осад, звичайно званий сирим. У більшості випадків на цій стадії використовують радіальні відстійники (див. рис. 3.26). Осад, як і подрібнене у дробарці 10 сміття, що знімається з ґрат, містять, в основному, легко загниваючі домішки органічного характеру. Тому сирий осад і сміття передаються до цеху обробки осаду 9 для знешкодження і стабілізації.

Органічні забруднювальні речовини, що містяться в стічних водах у вигляді коллоїдів і розчинених речовин, видаляються на 90-95 % шляхом біохімічної очистки в цеху біохімічної очистки в спеціальних спорудах (аеротенки 6, біофільтри, метантенки). Зазвичай біологічна очистка на очисних станціях каналізації великих міст виконується у аеротенках 6.

Аеротенк (рис. 7.2) – виконаний з залізобетону прямокутний у плані великий резервуар площею від декількох тисяч квадратних метрів до декількох гектарів та глибиною 4-6 м. Резервуар поділено перегородками на систему коридорів шириною 3-11 м, по дну яких прокладено систему перфорованих труб якими подають стисле повітря.



Рисунок 7.2 – Загальний вигляд аеротенку – на задньому плані компресорна станція, що подає до аеротенку стисле повітря для аерації стоків

Типова технологія біологічного очищення наступна. Стічна вода змішується з активним мулом та подається у аеротенк, де послідовно проходить систему коридорів безперервно піддаючись аерації шляхом барботажу повітря, що подається по прокладеним по дну трубопроводам. Після тривалої (6 - 24 і навіть більше годин) обробки вода надходить у вторинний відстійник, в якому звільняється від активного мулу. Частину активного мулу, що осідає у вторинному відстійнику, повертають до біологічної очисної споруди – аеротенку.

Складну для розв'язання еколого-технологічну проблему створює за такої технології надлишковий мул: його дуже багато і він містить небезпечні мікроорганізми, яйця гельмінтів тощо, а також іони важких металів, біологічно стійкі, токсичні і навіть мутагенні сполуки. Надлишковий мул спрямовується на утилізацію до блоку обробки осадів 9.

Останній етап обробки стічних вод – знезараження 8. Дезинфекцію (знезараження) виконують розчиняючи у очищеній воді хлор, який впливає на бактерії та інші мікроорганізми, що залишилися після біологічного, хімічного і додаткового (за потреби) очищення. Для цього служать споруди – хлоратори.

7.2. Локальні очисні споруди

Локальні очисні споруди призначені для очищення побутових або промислових стічних вод, що утворюються на окремих об'єктах. Це можуть бути дачі, будинки відпочинку, санаторії, готелі, підприємства харчової промисловості, АЗС, автомийки тощо, які не спрямовують відходи у загальнопромислову або міську системи каналізації.

7.2.1 Найпростіші системи очищення стічних вод

До найпростіших систем очищення каналізаційних стічних вод належать так звані одно або двокамерні септики, які застосовують при очищенні невеликої кількості стічних вод (до 25 м³/добу), що надходять від окремо розташованих будівель або групи будівель. На рис. 7.3 *а* та *б* наведено сучасне пластикове обладнання таких систем. Подальшим ступенем очищення стічної води є підземне фільтрування із застосуванням піщано-гравієвих фільтрів, траншей або колодязів.

Продуктивність септиків за метаном є досить високою, тому його варто використовувати як додатковий енергетичний ресурс для часткової компенсації енергії і подальшого аеробного очищення стічних вод.

Перегнилий осад, що утворюється на дні камер септиків, періодично вивантажують і вивозять асенізаційними автомашинами. За необхідності знезараження стічних вод, що виходять із септика, облаштовують камеру для контакту знезаражувального агента зі стічною водою. Септики, що зображені на рис. 7.3, об'єднує однаковий процес анаеробного метанового бродіння та відсутність будь-якої автоматики для регулювання процесу. Для біологічного очищення невеликих стоків, які утворюються в результаті господарської діяльності, почали застосовувати так звані плаваючі біореактори (рис. 7.4).



Рисунок 7.3 – Пластикові септики:
а – однокамерний; *б* – двокамерний

Забруднена вода самотіком або за допомогою насоса надходить у біореактор, заповнений гранульованим завантаженням, яке плаває усередині реактора і на яке налипає велика кількість бактеріальних колоній. Унаслідок життєдіяльності бактерій забруднення у воді асимілюються, розкладаються до диоксиду вуглецю, азоту та метану. Частина бактерій гине, їм на зміну приходять інші, тобто відбувається процес безперервного природного самоочищення води в аеробному й анаеробному режимах.



Рисунок 7.4 – Плаваючий біореактор

Фільтрат видаляється самотіком на скидання у відкрите водоймище (або для знезараження). Надлишковий мул періодично видаляють у фільтрувальні мішки або зливають на муловий майданчик для використання в подальшому як органічне добриво.

Для очищення невеликих об'ємів каналізаційних стоків, у тому числі на малих підприємствах харчової промисловості, застосовують і установки з роздільним очищенням стічних вод (анаеробне–аеробне).

Першим ступенем очищення в каналізаційних системах класичної схеми є септик. Це монолітна ємність, яка забезпечує відстоювання суспензії, освітлення стоків і первинне видалення неприємного запаху. Як активатор в неї використовують спеціально відібрані штами анаеробних бактерій (біоактиватори), які додають періодично і пропорційно об'єму септика. На виході із септика встановлюють фільтр додаткового очищення стоку від зважених частинок – знімну

касету, заповнену фільтрувальним завантаженням, а саме вулканічною високопористою скельною породою. Заброджений осад із септика один раз на 3–5 років відкачують за допомогою асенізаційної машини або використовують як органіно-мінеральне добриво. Касету з фільтрувальним завантаженням витягують і промивають струменем чистої води один раз на 6 місяців.

Другий ступінь очищення – аеробний. Найпростішим способом є розсіювальний дренаж – система дренажних труб, укладених під поверхню території. Вони мають фанові випуски (труби, призначені для з'єднання каналізаційної системи з атмосферою і забезпечення її вентиляції) на поверхню землі для забезпечення стійкої аерації стоку, що надходить в них, а також для періодичного їх промивання. Для доочищення стічних вод із септика до рівня чистоти технічної води використовують біологічні фільтри капілярного типу.

Варто зауважити, що зазначений спосіб очищення має свої не малі обмеження. По-перше, застосування способу підземного фільтрування можливе лише за умов глибокого рівня залягання ґрунтових вод (не менше 2,5 м). По-друге, для фільтрування стоків придатні далеко не всі типи ґрунту. Слід також мати на увазі, що в разі застосування цієї схеми фільтрувальний шар поступово забивається завислими частинками, і, як результат, через 5 – 8 років фільтрувальний шар, а це приблизно 10 – 20 м³ потрібно знімати і замінювати новим (або промивати). По-третє, усі ці системи передбачають використання асенізаційних автомашин.

Перевагами таких установок прийнято вважати їхню енергонезалежність. Дійсно, процес очищення в них відбувається без використання електроенергії. Проте під час монтажу септиків на глинистих ґрунтах очищену воду, як правило, відводять за допомогою насоса, для роботи якого потрібна електрична енергія. Первинна вартість устаткування для такого способу очищення може бути відносно невелика, але значні витрати на монтаж, а особливо експлуатаційні витрати (зняття 10 – 20 м³ ґрунту і стільки ж насипання) помітно знижують його економічну доцільність.

7.2.2. Біологічне очищення

Використовувані при глибокому біологічному очищенні установки заводського виготовлення можуть бути установлені на будь яких ґрунтах і на їх роботу не впливає рівень залягання ґрунтових вод. Найважливішою перевагою установок з таким очищенням є відсутність забруднення ділянки, а відтак необхідність використання асенізаційної машини.

Аераційні станції глибокого біологічного очищення, на відміну від септиків, не накопичують забруднення, а здійснюють очищення, ступінь якого може досягати 98 %. У таких установках біологічне очищення поєднується з процесом дрібнобульбашкової аерації шляхом штучної подачі стислого повітря, яке інтенсифікує окиснення складових стічної води. Наслідком цього є прискорення біологічної переробки і підвищення ступеню очищення.

В установці глибокого біологічного очищення процес проходить у чотири ступені. На першому з них у септику – приймальній камері, яка є первинним

відстійником, проходить механічне очищення при – осідають зважені частинки, і проходить первинне освітлення стічних вод. При механічному очищенні видаляється до двох третин мінеральних забруднень (нерозчинних солей, піску, частинок ґрунту, тощо).

Другий ступінь проходить у технологічній ємності – біореакторі – де анаеробні бактерії зброджують органічні забруднення. Анаеробні мікроорганізми нарастають на спеціально завантаженні у ємність штучні водорості (полімерна волосінь). На цьому ж етапі речовини перетворюються з важкоокислюваних в легкоокислювані.

На третій ступені, в аеротенках стік окислюється за допомогою аерації. Кисень очищає стічні води від органічних забруднень. Також проходить освітлення стоку за допомогою аеробних бактерій на завантаженні з пористого матеріалу і активного мулу.



Рисунок 7.5 – Єршове завантаження

Четвертий ступінь проводиться у аеробному біореакторі – камері глибокого біоочищення, – де виконується очищення стічних вод за допомогою бактерій на єршовому завантаженні (рис. 7.5). Аератор здійснює окислення органічних забруднень. Фосфати нейтралізуються в лужному середовищі за допомогою розчинення вапнякового щебеню. Осад з відстійників видаляється спеціальним насосом – ерліфтом.

7.2.3. Використання SBR-реакторів

До сучасного покоління локальних очищувальних систем належать установки, в конструкціях яких застосовано так звану SBR-технологію з використанням очищувальних біореакторів періодичної дії.

Установка Biotal (рис. 7.6) складається з трьох SBR-реакторів (SBR – Sequencing Batch Reactor – послідовні реактори періодичної дії) які послідовно сполучені між собою. Технологія установки є такою, що стічні води, які оброблюються, протікають від першого до третього SBRa і проходять в кожному з них повний цикл біологічного очищення.

При цьому активний мул, що постійно циркулює між реакторами, розділений на чотири потоки:

- стабілізований мул видаляється із системи на зневоднення;
- старий активний мул потрапляє в перший (за ходом руху) SBR-реактор оброблення стічних вод;
- більш молодий активний мул надходить у другий SBR-реактор;
- мул з хлорвмісним осадом з третинного відстійника, який виконує одночасно роль контактного резервуару, – у приймальну камеру.

Цим досягається поетапна адаптація мікроорганізмів з поступовим розбавленням стічних вод зворотними активними мулами за ходом їх руху від першого до третього SBR.

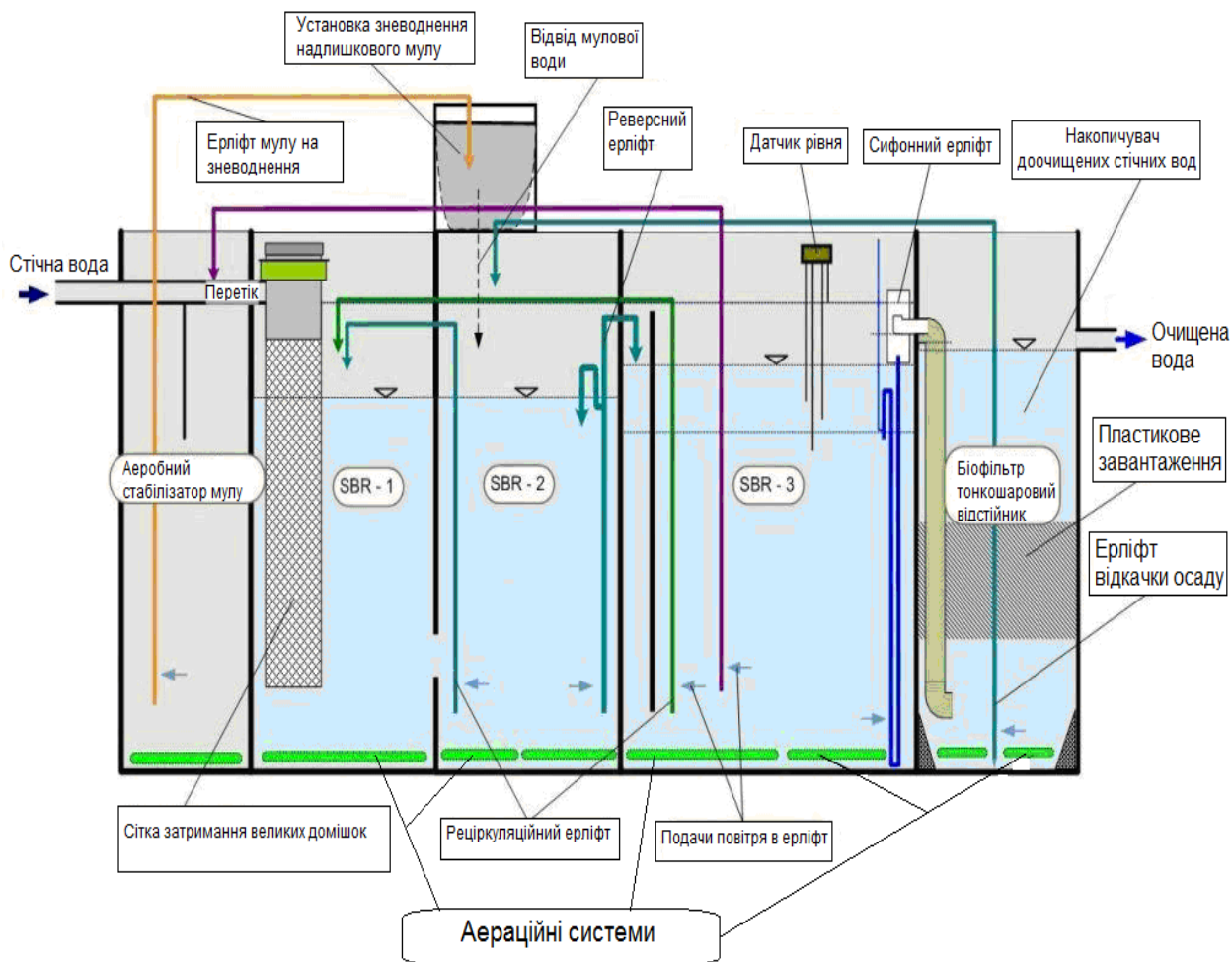


Рисунок 7.6 – Технологічна схема установки Biototal потужністю від 1,5 до 10 м³

Необхідність створення такої системи була продиктована тим, що для ефективної біологічної очистки співвідношення органіки, азоту і фосфору в стічних водах, що надходять на очистку, повинно бути у пропорції 100 : 5 : 1, що в реальному житті ніколи не буває. Тому бактерії активного мулу у таких умовах очищують стічні води від органічних забруднень не повністю. Багатоконтурна рециркуляція і багатоступінчастість системи вирішують цю проблему, оскільки при поверненні мулу у перший реактор, куди надходять стічні води, відбувається денітрифікація стічних вод, яка сприяє зменшенню концентрації органічних забруднень на виході з установки.

Установка складається з приймальної камери, на вході у яку передбачена сітка для затримання грубих нечистот, триступеневого SBR-реактора аеровано-го циркуляційного самопромивного біологічного фільтра, контактного резервуара і мулової ємності-аеробного стабілізатора надлишкового активного мулу.

У процесі ступінчастого переміщення очищуваних стічних вод від SBR до SBR, очистка відбувається поетапно у 6-8 фазах в рамках однієї з 5 програм, причому, в економічних режимах склад фаз змінюється – не відкачуються очищені стічні води і не видаляється надлишковий активний мул.

Очистка стічних вод на установці відбувається у такому порядку:

- 1) стічні води, що щойно надійшли на установку, попередньо оброблюються у приймальній камері-денітрифікаторі;
- 2) стічні води, що надійшли на установку у попередньому циклі оброблюються у 1-му і 2-му реакторах SBR;
- 3) у 3-му реакторі SBR оброблюються стічні води, що надійшли на установку два цикли назад;
- 4) в біологічному фільтрі – тонкошаровому відстійнику оброблюються стічні води, що надійшли на очистку три цикли назад;
- 5) в контактному резервуарі оброблюються стічні води, що надійшли на установку чотири цикли назад.

У всіх трьох SBR та біофільтрі здійснюється процес переривчастої дрібнопухирцевої аерації.

Стічні води, що очищуються, під час цього процесу ступінчасто переміщуються від першого до останнього ступеня очистки, шляхом періодичного гідравлічного сполучення цих ступенів за допомогою гідро-автоматичних пристроїв чи насосів.

Принцип SBR дає змогу досягти показників якості очищеної води, що відповідають нормам на скидання у водоймища рибогосподарського водокористування, за відносно невеликих витрат і невеликої займаної площі, оскільки доочищення є мінімальним.

Певний інтерес становлять SBR, що працюють по схемі однорезервуарного біореактора. Вони призначені для проведення біологічного очищення стічних вод за допомогою активного мулу, що вільно плаває. За такої схеми стічна вода, що постійно надходить, накопичується в простому водоймищі та періодично закачується у SBR. Кожен з цих реакторів реалізується як усереднювач, аеротенк і вторинний відстійник. Конструкція біореактора може бути пристосована до резервуара будь-якої форми, але для запобігання утворенню застійних зон ОРБ найчастіше проектують циліндричної форми. Аерація здійснюється поверхневим турбінним аератором, який складається з аератора (відцентрового ротора), електродвигуна та редуктора. Під час обертання ротора лопаті відкидають воду до периферії, створюється гідравлічний стрибок і відбувається інтенсивне перенесення кисню повітря у воду. Застосування поверхневого аератора, встановленого на понтонах, гарантує легкість обслуговування і використання лише одного пристрою.

7.3. Мембранні біореактори

Напівпроникна мембрана – тонка, мікропориста пластинчата перегородка, що пропускає крізь себе розчинник, наприклад, воду, і не пропускає великі мо-

лекули розчинених речовин, таких як солі, колоїди або органіка. У сучасній літературі слово «напівпроникна» зазвичай опускають. Здатність пропускати, чи не пропускати ті, чи інші речовини залежить від розміру їх молекул і природи мембрани. Вперше ідея мембранних біореакторів (MBR – МБР) була реалізована в кінці 1960-х років, як тільки мембрани ультрафільтрації і мікрофільтрації стали доступні не тільки для наукового, а й для комерційного використання. В одному з перших впроваджених процесів такого типу використовували поєднання активного мулу і мембранної фільтрації. Плоскі листи полімерних мембран, що застосовувалися в цьому процесі, мали пори величиною від 0,003 до 0,01 мкм. Хоча ідея заміни традиційного відстійника активного мулу виглядала привабливо, було важко виправдати застосування такого складного процесу для очищення стічних вод через три основних чинника:

- висока вартість мембран;
- низька ринкова вартість товару (сірих стоків);
- швидка втрата продуктивності мембрани через забруднення її пір.

Через низьку окупність всіх мембранних біореакторів першого покоління вони знайшли застосування тільки на дуже малій частці очисних споруд з особливими потребами, наприклад, на окремо розташованих гірськолижних курортах.

Прорив у розвитку мембранних біореакторів стався в 1989 році, коли було запропоновано занурювати мембрани безпосередньо у біореактор. До тих пір усі мембранні біореактори відокремлювали від ультрафільтрів. Принцип їх роботи базувався на створенні високого трансмембранного тиску, що забезпечувало прийнятну швидкість фільтрації, але вимагало підтримки великої витрати стічних вод.

Системи очищення з мембраною, зануреною в біореактор, працюють при більш низькій витраті стічних вод і споживають значно меншу кількість енергії (енергоспоживання може бути на два порядки нижче, ніж у роздільних систем). У конфігурації із зануреними мембранами важливим параметром, що впливає на процес очищення вод, є аерація. Аерація підтримує тверді речовини в стані суспензії, очищає поверхні мембрани і забезпечує киснем біомаси (активний мул), що призводить до кращого біологічного розкладання забруднень.

Іншим ключовим кроком у розвитку сучасних мембранних біореакторів була ідея використовувати дрібнобульбашкову продувку очищуваної рідини повітрям для контролю забруднення. Це дозволило автоматизувати процеси очищення.

Низькі експлуатаційні витрати, досягнуті при застосуванні заглибленої конфігурації мембранного біореактора, поряд зі стійким зниженням вартості мембран, привели до значного зростання застосування установок з середини 1990-х років пришлого століття. З того часу конструкції МБР постійно модифікували. В останні роки була розроблена процедура більш чіткого контролю робочих параметрів, а також впроваджена зворотна промивка, яка дозволяє мем-

бранним біореакторам стало функціонувати і витратити невелику кількість енергії, близько 0,3 кВт·год на один кубічний метр очищеного стоку.

Останні технічні інновації привели до зростання популярності мембранних біореакторів. Їх застосовують для обробки і повторного використання як побутових, так і промислових стічних вод.

7.3.1. Типи мембран

Мембрани для МБР виготовляються з наступних матеріалів: полівінілденфторид, поліетерсульфон, поліпропілен, поліетилен, рідше полівінілхлорид, полісульфон, поліакрилонітрил і ін. В деяких випадках в мембранних біореакторах застосовуються керамічні мембрани з оксиду алюмінію, титану, цирконію.

Мембрана з полівінілхлориду (ПВХ) – полімерний матеріал на основі полівінілхлориду – це порожниста трубка діаметром 3-6 мм, що складається з мікропор розміру 0,08 мкм по всій площі. Вода надходить через пори при всмоктуванні повітря з одного боку. Очищення мембрани від забруднення відбувається при подачі повітря в зворотному напрямку з іншого боку.



Рисунок 7.7 – Порожньоволоконні мембранні модулі

ПВХ мембрани складаються з двох шарів полівінілхлориду, розділених армуючою сіткою. Армована сітка з поліестеру надає необхідну міцність і оберігає від усадки.

Ультрафільтраційна мембрана являє собою порожню трубку зовнішнім діаметром близько 2 мм і довжиною до 2 м, розмір пір якої може досягати від 0,1 до 0,01 мкм. Основними мембранообразуючими полімерами є полісульфон і полівінілденфторид.

Найбільше застосування і в напірних, і в заглибних МБР отримали порожньоволоконні мембранні модулі (рис. 7.7), які мають найбільш високу щільність упаковки, низьку матеріаломісткість і мінімальну вартість.

7.3.2. Схема та принцип дії очисних систем із застосуванням МБР

Технологія МБР це комбінування різних біохімічних і мембранних процесів. Мембранний біореактор поєднує в собі процеси мікрофільтрації та ультрафільтрації, а також процес аеробного біологічного очищення стічних вод. Мембрани служать в МБР в якості бар'єру, що дає можливість з високою селективністю очищати воду від високомолекулярних сполук, зважених речовин, мікроорганізмів активного мулу та інших забруднень, які містяться в ній. Залежно від технологічних завдань мембранний біореактор може використовуватися як на етапі фінішної очистки (до стадії знезараження), так і для попередньої очистки перед нанофільтрацією і зворотним осмосом при необхідності знесолення очищеної води.

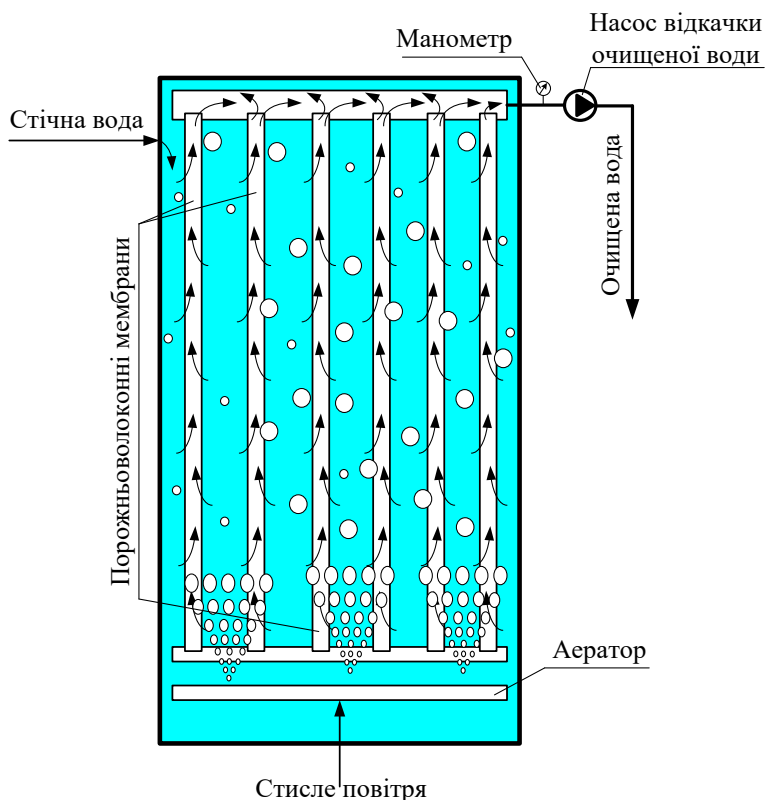


Рисунок 7.8 – Принципова схема роботи мембранного біореактора

На рис. 7.8 наведено принципову схему роботи МБР з зануреним мембранним модулем. Апарат представляє собою ємність, у яку занурено систему вертикальних труб, виконаних з напівпроникного матеріалу (мембран). Знизу та зверху труби об'єднані колекторами. Нижче системи мембранних труб розташовані аератори – горизонтальні перфоровані або виконані з пористого матеріалу трубки.

Стічна вода змішана з активним мулом подається в МБР зверху. Вода фільтрується крізь мембранні трубки, збирається у колектор та відводиться для подальшого використання.

Повітря для насичення стоку киснем та підтримки мулу у зваженому стані подається через аератори, які у вигляді дуже мілких бульбашок рівномірно розподіляють його в об'ємі апарату. Надлишковий активний мул відділяють від води у відстійнику, який зазвичай інтегровано з МБР та відкачують на змішування з вихідним стоком.

Один з варіантів технологічної схеми очищення стічних вод з використанням мембранних технологій наведено на рис. 7.9.

Стічні води надходять в модуль механічного очищення де проходить крізь сито з прозорами 3 мм. Настільки малі прозори необхідні для захисту мембрани від волокнистих включень, що містяться в стічних водах.

Блок біологічного очищення включає денітрифікатор, де окислюється іони амонію, аеротенк-нітрифікатор, де відновлюються нітрат іони і мембранний біореактор. У денітрифікаторі органічні забруднення окислюються активним мулом в аноксидних (безкисневих) умовах з виділенням вільного азоту. Для запобігання осадження мулової суміші в денітрифікаторі встановлена мішалка. Мулова суміш з денітрифікатору через розділювальну перегородку поступає в аеротенк-нітрифікатор. В аеротенках розташована дрібнопузирчаста система аерації, яка забезпечує концентрацію розчиненого кисню в межах 2 – 3 мг/дм³, що необхідно для окислення органічних речовин і нітрифікації.

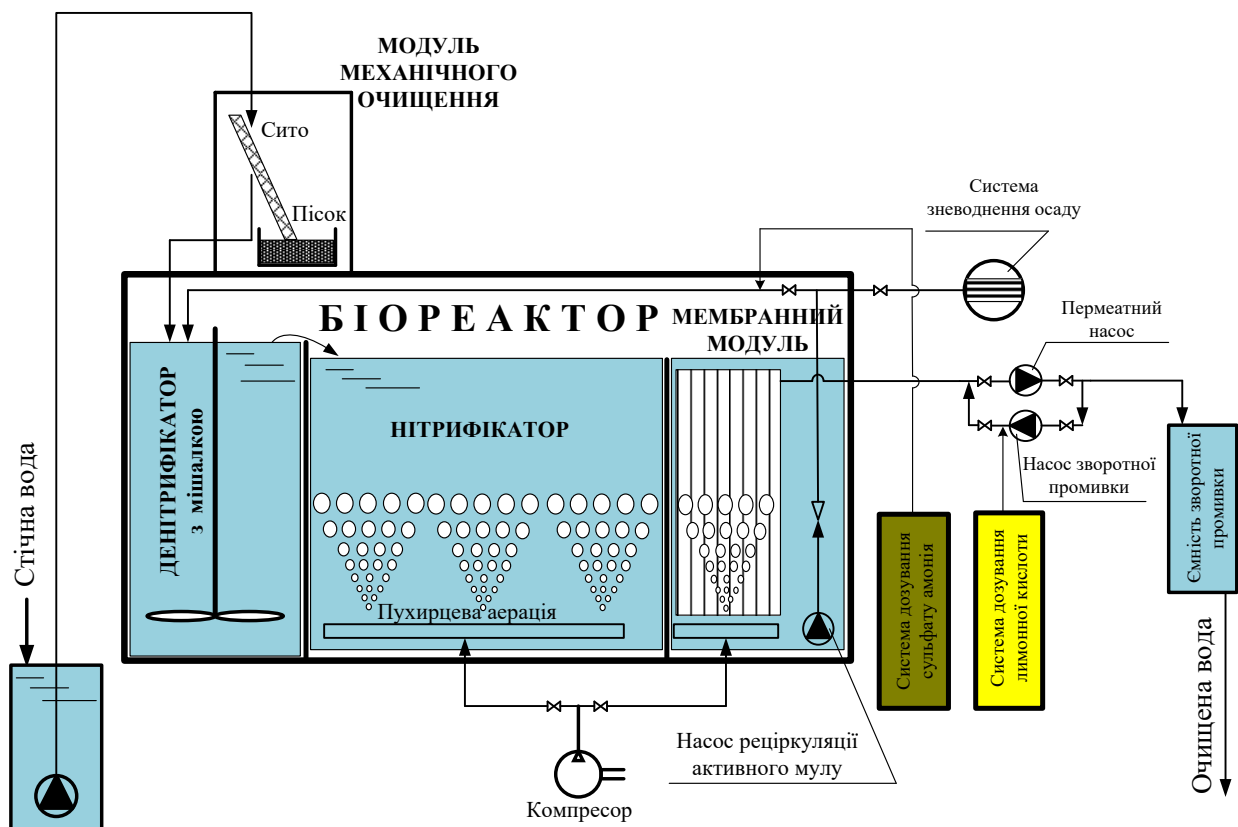


Рисунок 7.9 – Схема очищення стічних вод з використанням мембранних технологій

Стічна вода з аеротенка потрапляє у МБР з зануреними мембранними модулями, де розділяється на очищену воду (фільтрат) і концентрат, що містить активний мул. Рушійною силою процесу в цьому випадку є перепад тисків, який досягається, як правило, створенням вакууму з боку фільтрату. Перепад тиску становить 0,02–0,05 МПа, що теоретично дозволяє працювати заглибленим модулям під дією сил гравітації без насосного обладнання.

Контрольні питання до розділу 7

1. Наведіть схему станції очиски міських стоків.
2. Що таке локальні очисні споруди?
3. Наведіть найпростіші системи очищення стічних вод.
4. Що таке біологічне очищення?
5. Наведіть схему роботи SBR-реакторів.
6. Наведіть схему роботи MBR-реакторів.
7. Наведіть типи мембран.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Mackenzie, L.D., Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice / L.D., Mackenzie, New York: Mc Graw Hill. 2016.
2. Водопостачання. Навчальний посібник. Автор-упорядник: Терещенко Т.М. 2016 <https://www.gurt.org.ua/uploads/news/files/2016-8/Водопостачання-min.pdf>
3. Абракітов В.Е. Курс лекцій «Безпечна експлуатація інженерних систем і споруд» (для студентів 4 курсу денної форми навчання галузь знань 1702 – Цивільна безпека напряму підготовки 6.170202 – Охорона праці) / В.Е. Абракітов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – 76 с.
4. Благодарна Г.І. Водопостачання та водовідведення. Конспект лекцій / Г.І. Благодарна, І.О. Гуцал. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 101 с.
5. Боброва Т.Б. Основи матеріалознавства. Навчальний посібник / Т.Б. Боброва. – Київ, 2016. – 101с.
6. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.5-64:2012. – Офіц. вид. – Київ: М-во регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України, 2013 – 113 с.
7. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5- 75:2013. – Київ: М-во регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013 – 214 с.
8. Костенко Е.М. Устройство и монтаж санитарно-технических систем зданий / Е.М. Костенко. – К: Основа, 2000. – 232 с.
9. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація / В.С. Кравченко. – К.: Кондор, 2003. – 288 с.
10. Нисис М.Н. Монтаж санитарно-технических систем / М.Н. Нисис. – К.: Высшая школа, 1992. – 212 с.
11. Проектування та монтаж водопостачання та каналізації з пластикових труб: ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 44 с.
12. Системы очистки стоков [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.graf-voda.com.ua/sistemy_ochistki_stokov/.
13. Сифоны с сухим гидрозатвором [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://santehmarka.ru/p73327263-sifon-suhim-zatvorom.html>.
14. Труби безнапірні з поліпропілену, поліетилену, непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для зовнішніх мереж каналізації будинків і споруд та кабельної каналізації. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.5-32:2007. – Київ: М-во регіонального розвитку та будівництва України, 2007. – 115 с.
15. Труби чавунні каналізаційні і фасонні частини до них. Технічні умови: ДСТУ Б.В.2.5-25:2005. – Київ: Держбуд України, 2005. – 26 с.
16. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник. / О.А. Василен-

ко, С.М. Епоян, Г.М. Смірнова та ін. – Київ – Харків, КНУБА, ХНУБА, 2012. – 572 с.

17. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навч. посібник. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

18. Запольський А.К., Мішкова–Клименко Н.А. та ін. Фізико–хімічні основи технології очищення стічних вод. – К.: Лібра, 2000.

19. ДБН В.2.5 – 75: 2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Межрегіон України.

20. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Затв. Постановою Кабміну України від 25.03.1999, № 303.

21. Очистка сточных вод (примеры расчетов): учебник для высш. и сред. спец. образования по специальности "Водоснабжение и канализация" / М. П. Лапицкая, Л.И. Зуева, Н.М. Балаескул, Л.В. Кузнецов. – Минск: Высш. шк., 2007. – 255 с.

22. Хенце М. «Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы: Пер. с англ. / Хенце М., Армоэс П., Ля–Кур–Янсен Й., Арван Э. – М.: Мир, 2004. – 480 с.

23. Айрапетян Т.С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» / Т.С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с.

24. Біотехнології в екології : навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.

25. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля // Вісник НАН України. – 2003. – № 3. – С. 29-36.

26. Глоба Л.І., Заїка С.А., Гвоздяк П.І., Кілючицький П.Я. Прямоточні біотехнології очищення води – біоконвеєри // Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В.Думанського НАН України / 05.04.2016.

27. Романенко В.Д. Основи гідроекології: підручник. – Київ: Обереги, 2001. – 728 с.

28. Саблій Л.А. Впровадження новітніх біотехнологій очищення стічних вод// Київський політехнік / Оновлено: 28/03/2017.

29. Септик. Что это такое и для чего он нужен. – <http://sdelajsam.ru/santehnika/kanal/00013.html?gclid=CMmw9eDBmqICFQE9ZgodUDlhww>.

30. Плавающие биореакторы. ЧП «Аквастрой сервис» (г. Ровно). – <http://akvimir.com/index.php?p=14&pt=6>.

31. Биологические очистные сооружения SBR.– http://www.saveplanet.su/tehn_582.html.

32. Биореакторы. Технология SBR. – <http://www.aquaby.by/index.php/news/72/56/bioreaktorytehnologiyaSBR>.

33. TopasUkraine. ООО «КМК групп». – <http://topasukraine.com.ua/flash/contact.htm>.

34. Поляков А.М., Соловьев С.А., Видякин М.Н. Технология мембранного биореактора (МБР) для очистки природных и сточных вод [I] // Критические технологии. Мембраны. 2008. № 3 (39), с. 3-7.
35. Поляков А.М., Соловьев С.А., Видякин М.Н. Технология мембранного биореактора (МБР) для очистки природных и сточных вод [II] // Критические технологии. Мембраны. 2009. № 1 (41), с. 18-32.
36. Поляков А.М., Видякин М.Н. Рынок оборудования для технологии мембранного биореактора // Сантехника, 2009, №4, с. 14-19.
37. Lesjean B., Huisjes E.H. Survey of the European MBR market: trends and perspectives // Desalination, 2008, V. 231, p. 71-81.
38. Judd S., The MBR book, Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment, Elsevier, 2006.
39. Pinnekamp, J. and Harald, F. Membrane technology for waste water treatment. Municipal water and waste management, Volume 2, ISBN 3-939377-01-5, ISBN 978-3-939377-01-6, 2003.
40. Степанов С.В., Стрелков А.К., Сташок Ю.Е., Ноев Н.В. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающего завода с использованием мембранной и биомембранной технологий // Вода Magazine. 2010. №12.
41. Membrane Bioreactor (MBR) as an Advanced Wastewater Treatment Technology / J. Radjenovic, M. Matosic, I. Mijatovic, M. Petrovic, D. Barcelo // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. - Vol. 5, Part S/2. - P. 37-101.

Для нотаток

Навчальне видання

ЦЕЙТЛІН Мусій Абрамович
РАЙКО Валентина Федорівна
ШЕСТОПАЛОВ Олексій Валерійович
НОВОЖИЛОВА Тетяна Борисівна
НЕЧИПОРЕНКО Дмитро Ігорович

ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТА ПІДПРИЄМСТВ

Навчальний посібник
для студентів спеціальностей 101 «Екологія»,
183 «Технології захисту навколишнього середовища»,
263 «Цивільна безпека»

Роботу до видання рекомендувала *Н.М. Самойленко*
Відповідальний за випуск *О.В. Шестопалов*
В авторській редакції

Підп. до друку 21.12.2022. Формат 60x84/16.
Гарнітура Таймс. Друк цифровий. Зам. №4/12
Обсяг: 6,87 ум.-друк. арк. Наклад 50 прим.

Видавець і виготовлювач: ФОП Панов А.М.
Свідоцтво серії ДК № 4847 від 06.02.2015 р.
м. Харків, вул. Жон Мироносиць, 10, оф. 6,
тел. +38(057)714-06-74, +38(050)976-32-87
copy@vlavke.com