

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт
з дисципліни „Урбоекологія”**

для студентів 3 курсу
напряму підготовки „Екологія”

Одеса 2019

Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни „Урбоекологія” для студентів ІІІ курсу денної форми навчання за спеціальністю 101 „Екологія” /Укладачі: Шаніна Т.П., Вовкодав Г.М., Кузьміна В.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2019 . – 79 с., укр. мова.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. Оцінка середоутворюючих властивостей міста	5
1.1. Загальні положення	5
1.2. Завдання для самостійної роботи	14
2. Розрахунок необхідної потужності станції перевантаження сміття	18
2.1. Загальні положення	18
2.2. Завдання для самостійної роботи	21
3. Розрахунок коефіцієнта використання води на підприємстві	24
3.1. Загальні положення	24
3.2. Завдання для самостійної роботи	27
4. Розрахунок водоспоживання підприємствами	31
4.1. Загальні положення	31
4.2. Завдання для самостійної роботи	35
5. Оцінка якості води для господарсько-питних потреб та потреб виробництва	39
5.1. Загальні положення	39
5.2. Завдання для самостійної роботи	51
6. Вибір технологічної схеми очистки води і складу споруд	55
6.1. Загальні положення	55
6.2. Завдання для самостійної роботи	54
7. Розрахунок доз реагентів	60
7.1. Загальні положення	60
7.2. Завдання для самостійної роботи	63
8. Оцінка виносу забруднювальних речовин поверхневим стоком з урбанізованих територій	66
8.1. Загальні положення	66
8.2. Завдання для самостійної роботи	70
9. Індивідуальне завдання. Розрахунок кількості води, необхідної для підживлення та граничного вмісту солей	74
9.1. Загальні положення	74
9.2. Завдання для самостійної роботи	76
ЛІТЕРАТУРА	79

ВСТУП

Дисципліна «Урбоекологія» відноситься до обов'язкових дисциплін і належить до циклу професійної та практичної підготовки.

Дисципліна «Урбоекологія» викладається при підготовці студентів-бакалаврів за спеціальністю 101 «Екологія».

Метою викладання навчальної дисципліни «Урбоекологія» є вивчення міських соціоекосистем з метою їх оптимізації.

Вивчення даної дисципліни безпосередньо спирається на такі дисципліни ОПП, як: Вступ до фаху, Хімія з основами біогеохімії, Геологія з основами геоморфології, Гідрологія, Метеорологія і кліматологія, Ґрунтознавство, Біологія, Загальна екологія (та неоекологія). Дисципліни, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну, включають: Ландшафтну екологію, Екологію людини, Моніторинг довкілля, Моделювання та прогнозування стану довкілля, Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовища, Екологічну безпеку, Екологічну експертизу, Природоохоронне законодавство та екологічне право, Організацію управління в природоохоронній діяльності, Заповідну справу.

Виконання практичних завдань сприяє набуттю базових вмінь та компетенцій:

- одержувати та візуалізувати інформацію щодо поточного стану різних компонентів урбанізованого довкілля;

- використовувати знання загальної екології для дослідження стану об'єктів урбанізованого довкілля, оцінки впливу забруднень на живі організми;

- використовувати знання урбоекології для забезпечення збалансованого функціонування урбаністичних систем;

- на підставі отриманих результатів аналізу стану природних та техногенних компонентів урбанізованого довкілля надавати рекомендації щодо його оптимізації.

Методичні вказівки містять 8 практичних робіт та одне індивідуальне завдання.

На практичні заняття відводиться 30 аудиторних годин. За виконання практичних завдань студент може отримати 30 балів, індивідуального завдання – 10. Питання самоконтролю та пробні тести допоможуть підготуватись до захисту виконаних робіт та поточного чи підсумкового контролю.

1 ОЦІНКА СЕРЕДОУТВОРЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІСТА

1.1 Загальні положення

Наявність у місті достатньої кількості зелених насаджень є обов'язковою умовою для комфортного життя людини. Рослинність робить урбоекосистему повноцінною екосистемою. Окрім традиційних функцій, які виконує рослинність у будь якій екосистемі, а саме – є виробником (продуцентом) первинної продукції, завдяки здатності до процесу фотосинтезу, і формує життєвий простір для консументів та редуцентів – в урбоекосистемі істотного значення набувають інші функції зелених насаджень, які умовно можна поділити на дві групи: санітарно - гігієнічні та декоративно-планувальні.

До санітарно-гігієнічних функцій відносяться:

- пиловловлююча – забруднений повітряний потік зустрічає на своєму шляху зелені насадження, зменшує швидкість, завдяки чому 60—70% пилу, під впливом сили тяжіння, осаджується на деревах та чагарниках, далі з опадами пил змивається на землю;
- газозахисна – частина газів поглинається рослинами, тверді частки аерозолів осідають на листі, крім того, зелені насадження розбивають потік забрудненого повітря, який проходить крізь них, на декілька потоків різної направленості, відповідно зменшуючи концентрацію забруднюючих речовин ;
- вітрозахисна;
- шумозахисна;
- насичення повітря киснем;
- насичення повітря фітонцидами – більшість рослин виділяють речовини здатні вбивати шкідливі для людини хвороботворні бактерії та гальмувати їх розвиток;
- насичення повітря легкими іонами;
- підвищення вологості повітря;
- регулювання теплового режиму у містах;
- поліпшення радіаційної ситуації у містах;
- сприяння утворенню повітряних потоків – тільки при високих температурах навколишнього середовища на околицях міста при наявності великих масивів зелених насаджень завдяки різниці температур утворюються повітряні потоки: з міста йде тепле повітря, а на його місце приходить прохолодне з зеленої зони. Відстань, на яку пройде це повітря, залежить від щільності забудови.

До декоративно-планувальних відносяться:

- ландшафтоутворювальна (укріплення ґрунтів, зменшення поверхневого стоку, надання естетичного вигляду урбанізованій території, поліпшення психоемоційного стану людини);
- планувальна (розподільна) ;
- рекреаційна [2,3].

Ландшафт – природний територіальний комплекс, ділянка земної поверхні, обмежена природними рубежами, у межах якої природні компоненти (рельєф, ґрунт, рослинність, водойми, клімат, тваринний світ), а також штучні або антропогенні (забудова, дороги, сільгоспугіддя тощо), перебувають у взаємодії і пристосовуванні один до одного [1].

Для того, щоб зелені насадження повноцінно виконували усі свої функції, озеленіння населених міст проводять виходячи з принципів комплексності, відповідності, естетичності, екологічності, біосистематичності.

Розрізняють декілька видів озеленіння:

- об'ємне (деревні та чагарникові насадження);
- партерне (газони, клумби)
- вертикальне (елементи озеленення фасадів будівель, паркових споруд, спеціальних ажурних споруд, вертикальних стін та інших об'єктів з використанням деревовидних ліан та інших витких рослин) [2].

Озеленення населених місць – комплекс робіт зі створення і використання зелених насаджень у населених пунктах, або інакше, система зелених насаджень населених пунктів.

Зелені насадження – деревна, чагарникова, квіткова та трав'яна рослинність природного і штучного походження на визначеній території населеного пункту.

За характером використання розрізняють:

зелені насадження загального користування – зелені насадження, які розташовані на території загальноміських і районних парків, спеціалізованих парків, парків культури та відпочинку; на територіях зоопарків та ботанічних садів, міських садів і садів житлових районів, міжквартальних або при групі житлових будинків; скверів, бульварів, насаджень на схилах, набережних, лісопарків, лугопарків, гідропарків і інших, які мають вільний доступ для відпочинку;

зелені насадження обмеженого користування - насадження на територіях громадських і житлових будинків, шкіл, дитячих установ, вищих та середніх спеціальних навчальних закладів, профтехучилищ, закладів охорони здоров'я, промислових підприємств і складських зон, санаторіїв, культурно-освітніх і спортивно-оздоровчих установ та інші;

зелені насадження спеціального призначення - насадження транспортних магістралей і вулиць; на ділянках санітарно-захисних зон довкола

промислових підприємств; виставок, кладовищ і крематоріїв, ліній електропередач високої напруги; лісомеліоративні, водоохоронні, вітрозахисні, протиерозійні, насадження розсадників, квітникарських господарств, пришляхові насадження в межах населених пунктів.

Гідропарк - благоустроєний водноспортивний комплекс. Оптимальне співвідношення площ водойм, насаджень та луків 2 : 1 : 1.

Буферна зона - окраїнна частина парку або додатково виділена і освоєна сусідня територія для масового відпочинку населення з метою зменшення рекреаційного навантаження на культурно-історичну зону парку

Ботанічні сади - науково-дослідницькі та культурно-просвітницькі заклади, призначені для вивчення рослинного світу, виведення та впровадження в народне господарство нових перспективних видів, форм і сортів рослин.

Гай - великий елемент садово-паркового пейзажу площею 1-0 -1,5 га, що складається переважно з однієї деревної породи і проглядається майже наскрізь між деревами

Лісопарк (буферний парк) - лісовий масив з елементами паркового благоустрою для масового відпочинку населення.

Лугопарк - відкритий луговий простір з насадженнями і водоймами. Оптимальне співвідношення площ луків, насаджень, водойм 5 : 2 : 1.

Міський ліс - лісовий масив або ділянка лісу, розташовані в межах населеного пункту.

Парк - самостійний архітектурно-організаційний комплекс площею понад 2га, який виконує санітарно-гігієнічні функції та призначений для короткочасного відпочинку населення. Залежно від характеру і призначення вони діляться на парки культури відпочинку, районні, спортивні, дитячі, дендрологічні, історичні, національні, меморіальні, етнографічні парки-музеї, історичні, виставкові, зоологічні, аерофітотерапії тощо.

Сквер - упорядкована й озеленена ділянка площею від 0,02 га до 2,0 га, яка є елементом архітектурно-художнього оформлення населених місць, призначена для короткочасного відпочинку населення. Озеленені ділянки площею менше 0,02 га, що прилягають до транспортних магістралей у вигляді острівців газонів і квітників без доріжок і місць відпочинку, ураховуються в складі вулиць, як насадження спеціального призначення.

Сади - упорядковані масиви зелених насаджень площею від 2 до 6 га, призначені для короткочасного відпочинку населення. За характером використання можуть бути: міські сади, сади біля видовищних споруд, сади житлових районів і мікрорайонів, міжквартальні сади та інші.

Газон - певна ділянка однорідної території з штучним дерновим покривом, який створюється посівом і вирощуванням дерноутворювальних трав (переважно багаторічних злаків) або одернуванням.

Квітник – ділянка геометричної або довільної форми з посадженими одно-, дво- або багаторічними квітковими рослинами.

Клумби - квітники правильної геометричної форми у вигляді кола, квадрата, прямокутника, овалу, трикутника тощо.

Бульвар - озеленена територія вздовж проспекту, транспортної магістралі або набережної з алеями і доріжками для пішохідного руху і короткочасного відпочинку.

Рекреаційна зона - спеціально виділена генеральним планом і організована територія в місті і зеленій зоні, призначена для відпочинку населення.

Присадибна ділянка - це ділянка землі, що передається у власність громадян для обслуговування житлового будинку.

Рабатки - квітники у вигляді вузької смуги завширшки 0,6-3 м, які влаштовують уздовж доріжок і фасадів будинків, навколо пам'ятників, партерів тощо.

Санітарно-захисна зона - озеленена територія спеціального призначення, яка розділяє (відокремлює) сельбищну частину міста від промислових підприємств.

Приміська зелена зона – територія за межами міської зони, зайнята лісами, лісопарками та іншими озеленими територіями, яка виконує захисні і санітарно-гігієнічні функції і є місцями відпочинку населення.

Необхідну кількість зелених насаджень у місті визначають згідно з встановленими нормативами в залежності від чисельності мешканців і від того, у якій природній зоні воно розташовано, в розрахунку площі насадження на одного мешканця (табл. 1).

У містах, де розміщуються промислові підприємства I і II класу шкідливості, наведені норми загальноміських озелених територій загального користування слід збільшувати на 15-20%. У містах, де розміщуються залізничні вузли, наведені норми загальноміських озелених територій загального користування треба збільшувати на 5-10%. У середніх, малих містах і сільських поселеннях, розміщених в оточенні існуючих лісів, у прибережних зонах великих річок і водойм, площу озелених територій загального користування допускається зменшувати, але не більше як на 20%. Таким чином досягають оптимального розміру *комплексної зеленої зони* (сукупності міських і приміських насаджень).

Таблиця 4.1 – Площа озелених територій загального користування в населених пунктах

Озеленені території загального користування у межах міста	Групи міст за, кількістю населення, тис. чол.	Площа озелених територій м ² /люд			
		Полісся Прикарпаття Закарпаття	Лісостеп	Степ	Південний берег Криму
Загальноміські	100-1000 і більше	10	11	12	15
	50-100	7	8	9	11
	До 50	8	9	10	12
	До 20	10	11	12	15
	Сільські поселення	12	13	14	17
Житлових районів	100-1000 і більше	6	6	7	8
	50-100	6	6	7	8

Правовим обґрунтуванням встановлення розмірів зеленої зони міста, а також створення її структурних елементів та забезпечення відповідного нагляду за ними є «Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України», затверджені наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України N 105 від 10.04.2006. Перелік можливих структурних елементів комплексної зеленої зони наведено у таблиці 2.

Окрім того, в означеному документі наведені норми озеленіння структурних елементів міста, тобто який відсоток площі на території, відведеної під певний елемент озеленіння, мають займати рослини (табл.3) [1].

Якщо проаналізувати дані з таблиці 2 і 3, побачимо, що нормування зеленої зони відбувається для озелених територій загального користування у межах міста, тобто загальнодоступні міста рекреації (парки, сквери, лісопарки, тощо) та зелені зони в житлових (спальних) районах – міжквартальні сквери, бульвари і т.д. Таким чином, мешканцям міст забезпечується наявність достатньої кількості зелених ділянок для відпочинку поблизу місця їх проживання. Важливим аспектом при озеленінні міста є підбір видів рослин. При цьому враховують не тільки відповідність рослини місцевим кліматичним умовам та її зовнішній вигляд, а ще й такі показники як стійкість до екологічних умов міста, строк життя, час необхідний для росту і габарити і т.д.

Таблиця 4.2- Номенклатура структурних елементів території комплексної зеленої зони міста

Основні структурні елементи території	Складові елементів	Функціональна належність
1. ТЕРИТОРІЯ МІСТА У МЕЖАХ ЗАБУДОВИ		
Ландшафтно рекреаційні території загально міські	Міські сади і парки спеціалізовані парки - дитячі спортивні, зоологічні, виставкові тощо, ботанічні сади, сквери бульвари	Загального користування
Житлових районів	Парки і сади житлових районів і міжквартальні сквери, бульвари, пішохідні зв'язки	Загального користування
Вулиці, дороги, площі	Ділянки зеленого будівництва і господарства швидкісних доріг, магістральних вулиць і доріг, вулиць місцевого призначення, периметрального обсадження площ, ділянки зеленого будівництва і господарства транспортних розв'язок автостоянок	Спеціального призначення
Житлові квартали	Ділянки зеленого будівництва і господарства у житлових кварталах і мікрорайонах без споруд проїздів, майданчиків і фізкультурних майданчиків	Обмеженого користування
Промислові території санітарно зони	Ділянки зеленого будівництва і господарства на промислових комунально складських територіях захисні санітарно-захисні зони	Обмеженого користування спеціального призначення
Інші території	Ділянки зеленого будівництва і господарства установ і підприємств обслуговування дитячі дошкільні установи, загальноосвітні школи, навчальні заклади, установи охорони здоров'я, будинки-інтернати для старих та інвалідів, фізкультурні спортивні споруди, установи культури й мистецтв, підприємства торгівлі, громадського харчування й побутового обслуговування), організації та установи управління, фінансування і підприємства зв'язку, НДІ, установи комунального господарства (кладовищ, крематоріїв, квітникарських господарств), ліній високовольтних передач лісомеліоративних насаджень, непридатних земель тощо	Обмеженого користування спеціального призначення
2 ТЕРИТОРІЯ ЗА МЕЖАМИ ЗАБУДОВИ У МЕЖАХ МІСТА		
Ландшафтно рекреаційні території	Лісопарки, лугопарки, гідропарки	Загального користування

Продовження таблиці 4.2

Міські ліси	Лісові масиви у місті	Загального користування
Інші території	Ділянки зеленого будівництва і господарства санаторно-оздоровчих установ спортивних пристроїв, кемпінгів, будинків для старих, смуг відведення автомобільних доріг і залізниць тощо	Обмеженого користування
3. ТЕРИТОРІЯ ЗА МЕЖАМИ МІСТА У МЕЖАХ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ		
Ліси	Усі види лісів, у тому числі лісопаркова частина, лісогосподарська частина	Різної функціональної належності
Автомобільні дороги	Ділянки зеленого будівництва і господарства уздовж смуг відчуження	Спеціального призначення
Приміські населені пункти	Усі об'єкти і ділянки зеленого будівництва і господарства міста або селища міського типу, якщо вони не є окремим самостійним об'єктом	Обмеженого користування
Промислові території, санітарно-захисні зони	Ділянки зеленого будівництва і господарства на промислових, комунальних підприємствах, складах і санітарно-захисні зони	Обмеженого користування і спеціального призначення
Установи відпочинку туризму, спорту	Ділянки зеленого будівництва і господарства на територіях, будинків відпочинку, пансіонатів, туристських баз, позашкільних таборів, спортивних баз	Обмеженого користування
Полезахисні смуги	Ділянки зелених насаджень, які створюються для захисту полів	Спеціального призначення
Сади і виноградники приміських господарств	Території плодкових культур виноградників, ягідників шовковиці, хмільників	Спеціального призначення
Сади і виноградники колективів підприємств та установ	Території садів і виноградників, які належать підприємствам та установам	Обмеженого користування
Інші території	Усі ділянки зелених насаджень, які не увійшли у вищенаведені	Різної функціональної належності
4. НЕОЗНАЧЕНІ ТЕРИТОРІЇ		
Сільськогосподарські землі	Поля, луки, городи	Різної функціональної належності
Водойми	Річки, озера, ставки, водосховища, канали, крім тих, які увійшли в об'єкти ділянки зеленого будівництва і господарства	
Інші території	Непридатні землі, непридатні для озеленення землі спецпризначення	

Таблиця 4.3 Нормативні показники рівня озеленення різних структурних елементів у межах міста, %

Структурні елементи	Рівень озеленення
Озеленені території загального користування у межах міста	
Міські парки	65-80
Дитячі парки	40-55
Спортивні парки	15-30
Меморіальні парки	30-65
Ботанічні сади	40-70
Сквери	75-85
Зоологічні сади	15-40
Бульвари	60-75
Озеленені території обмеженого користування	
Житлові райони	Не менше 25
Ділянки шкіл	45-50
Ділянки дитячих установ	45-55
Ділянки громадських будинків	Не менше 40
Ділянки навчальних закладів	Близько 50
Ділянки культурно-освітніх установ	40-60
Ділянки спортивних пристроїв і споруд	30-50
Ділянки установ охорони здоров'я	55-65
Озеленені території спеціального призначення	
На вулицях	не менше 25
Біля санітарно-захисних і охоронних зон	60-80

В умовах міста велике значення має відсутність у рослини здатності викликати алергічну реакцію у людей. Так, наприклад, не рекомендовані для висадки у населених пунктах деякі види тополі..

Також при підборі рослин для певної ділянки міста ми можемо використовувати природні властивості виду для отримання максимального ефекту від об'єкту озеленіння, який ми створюємо. Так, наприклад, різні види рослин характеризуються різною здатністю захисту від шуму. За даними угорських дослідників, хвойні породи (ялинка, сосна), у порівнянні з листяними деревами та чагарниками, краще регулюють шумовий режим. По мірі віддалення від магістралі на 50 м листяні насадження (акація, тополя, дуб) знижують рівень звука на 4,2 дБ, листяні чагарники – на 6 дБ, ялинки – на 7 дБ, сосни – на 9 дБ. Дослідження показали, що листвяні породи здатні поглинати до 25% звукової енергії, а 74% - відображати та розсіювати. Найкращими з цієї точки зору є: серед хвойних – ялинка та піхта, серед листвяних – липа, граб.

Найкращим іонізаторами повітря є змішані хвойно-листяні насадження. Найбільше сприяють збільшенню концентрації легких іонів у повітрі акація біла, береза карельська, тополя листвяна та японська, дуб червоний, листвяниця сибірська, рябина звичайна, бузок звичайний, тополя чорна. З дерев та чагарників, що мають антибактеріальні властивості, які

позитивно впливають на стан повітря міст, слід назвати акацію білу, березу бородавчату, грушу, граб, клен, листвяницю, липу, можжевельник, піхту, ялинку, жасмин, жимолость, вербу, калину, каштан, клен, платан, бузок, барбарис, сосну, тополю, яблуню, черемуху. Фітонцидною активністю наділені й трав'янисті рослини – газонні трави, квіти, ліани.

В великих індустріальних центрах особливу увагу при відборі рослин треба звернути на їх здатність поглинати і накопичувати в собі різні забруднювачі з навколишнього середовища (табл. 4).

Таблиця 4.4 – Біогеохімічна спеціалізація рослинності міста (здатність накопичувати речовини у корі)

Рослина	Речовина
Акація біла	Pb, Sr, Ni, Bi, Co, Mo, V, Nb
Бузина чорна	Nb
Верба ломка	Ba, Mo
Вишня звичайна	Sr
Граб звичайний	Mn, Sr, (Pb)
Ялинка звичайна	Pb, Cr, V, Zn, P, Li
Клен гостролистий	Cu
Липа серцевидна	P
Тополя чорна	Be, Sr
Бузок звичайний	Be, Nb, Ni, Co, V, Zn
Верба плакуча	Ba, Cr, Cu
Верба плакуча	Sr (Pb)
Черешня пташина	Cu
Злакові	Pb, Cu, Zn

Захисні функції рослини залежать від ступеню їх чуттєвості до різних речовин. Древа та чагарники мають виборчу здібність відносно шкідливих домішок, у зв'язку з чим мають різний ступень стійкості до них. Здатність газопоглинання окремих видів залежить від концентрацій шкідливих речовин у повітрі. Досліджено, що тополя бальзамічна є найкращою в умовах постійного високого забруднення повітря. Високою поглинальною здатністю наділені липа мілколистяна, ясень, бузок, жимолость. В зоні слабкого періодичного забруднення велику кількість сірки поглинають листя тополя, ясеня, бузку, жимолості, липи, менше – в'яза, черемухи, клена. Поблизу промислових підприємств рекомендується саджати клен американський, вербу білу, тополю канадську, крушину ломку, козацький та віргинський можжевільник бузину червону, дуб черешчатий, бузину червону [3].

Наявність такої інформації дуже корисна при створенні санітарно - захисних зон підприємств. Ми можемо досягати більшої ступені очистки середовища, враховуючи специфіку виробництва і підбираючи рослини

відповідно до тих забруднюючих речовин, які надходять у навколишнє середовище в ході виробничого процесу.

1.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити необхідну площу зелених насаджень для заданого міста. Порівняти розраховані значення з фактичними та надати необхідні рекомендації, що до озеленіння міста. Вихідні дані для розрахунку приведені у таблиці 1.5.

Приклад розрахунку

Завдання: Визначити необхідну площу зелених насаджень для заданого міста. Порівняти розраховані значення з фактичними та надати необхідні рекомендації, що до озеленіння міста.

Вихідні дані: кількість мешканців – 45 тис. люд.; місто розташоване у степній зоні на березі річки; у місті є залізничний вузол; площа наявних зелених насаджень – міських садів і парків – 150 тис. м², дитячих парків - 30 тис. м², спортивних парків - 25 тис. м², зоологічних - 10 тис. м², гідропарків – 200 тис. м² пішохідних зв'язків – 90 тис. м², між квартальних скверів та бульварів – 50 тис. м², міських скверів та бульварів – 60 тис. м²

Таблиця 1.5 – Вихідні дані для розрахунку

№ ва рі ан та	Кіль кість меш кан ців, тис. люд,	Природна зона	При родні умо ви	Наявність антропогенни х об'єктів	Площа зелених насаджень, тис. м ²											
					місь кі сади і парки	ди тячі пар ки	спо рти вні пар ки	зооло гічні	бота нічні сади	сквери бульва ри	парки і жи товних р-нів	міжквар тальні сквери бульва ри	лісо парки	гід ро пар ки	лісові маси ви у місті	пішо хідні зв'язки
1	1 (с/п)	Полісся	ліси	-		2	2								8	2
2	15	Закарпаття	ліси	-		2	2	1		3					6	4
3	25	Прикарпаття	річка	виробництво	20	6	4	2	2	8	5	5		55	80	8
4	60	Лісостеп	-	з/д	250	10	8	4	10	180	150	125	500			160
5	50	Степ	-	виробництво	300	10	10	5	10	200	200	80				130
6	45	Південний берег Криму	-	-	330	20	10	20	100	100		50				60
7	30	Полісся	ліси	виробництво	40	5	6	2		30		30	60		100	20
8	0.8 (с/п)	Закарпаття	ліси	-	2					1					5	1
9	40	Прикарпаття	річка	з/д	60	15	10	5	20	40				120		40
10	1000	Лісостеп	-	виробництво	3000	300	500	250	1000	3000	900	2800	5000			3500
11	280	Степ	-	виробництво	1500	300	400	500	500	1000	700	500				900
12	100	Південний берег Криму	-	-	500	45	25	50	100	250	150	300				200
13	250	Полісся	ліси	з/д	650	100	50	50	100	600	600	400		300	500	300
14	1,2 (с/п)	Закарпаття	ліси	-	2				3			0,5	3		6	1
15	80	Прикарпаття	річка	виробництво	130	20	30	25	36	50	170	200		150	200	180

1. Визначити необхідну площу зелених насаджень у місті відповідно до діючих нормативів (табл.1.1). Для міста, розташованого у степній зоні з кількістю мешканців 45 000 осіб площа зеленої зони повинна становити 12 м² на людину. При цьому необхідно зауважити, що так як кількість мешканців у даному місті є менша ніж 50 тис., то норматив встановлюється тільки для загальноміських озелених територій. Оскільки у місті розташовується залізничний вузол ми повинні збільшити значення нормативу на 5-10 %, але у той же час, невеликі розміри міста та розташування його на березі річки надають нам право зменшувати значення нормативу до 20%. Таким чином, ми можемо встановити розмір загальноміської зеленої зони для цього міста не менше ніж 486 тис. м², або - 10,8 м² на людину.

2. Перевірити чи витримуються у місті нормативи зеленої зони. Для цього потрібно розрахувати загальну площу наявних у місті зелених насаджень загальноміського призначення. У випадку коли - 150 тис. м² міських садів і парків, 30 тис. м² дитячих парків, 60 тис. м² міських скверів та бульварів, 25 тис. м² спортивних парків, 10 тис. м² зоологічних та 200 тис. м² гідропарків. Усього – 475 тис м², що 11 тис. м² менше норми.

Висновок: Фактична площа зеленої зони в даному місті не відповідає нормативним вимогам, тому потрібно проведення додаткового озеленіння. У даному випадку можна запропонувати, наприклад, відвести територію у місті під організацію ботанічного саду, оскільки зараз його не має, та збільшити розміри і кількість міських скверів.

Питання самоконтролю

1. Які функції зелених насаджень у місті?
2. Які головні принципи створення зелених насаджень?
3. У чому полягає принцип комплексності?
4. У чому полягає принцип відповідності?
5. У чому полягає принцип екологічності та лісотипологічний?
6. У чому полягає принцип біосистематичний та філогенетичний?
7. Що таке «ліс» ?
8. Що таке «Зелена зона» ?
9. Що таке «лісопарк» ?
10. Яка функціональна належність зелених зон основних структурних елементів території?
11. Які фактори впливають на норми озеленення?
12. Чим представлені зелені зони загального користування?
13. Чим представлені зелені зони обмеженого користування?
14. Чим представлені зелені зони спеціального призначення?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт

Вибрати всі правильні відповіді

1. Принципами підбору рослинних видів у місті є:

1. Екологічний.
2. Біоценотичний.
3. Фітонцидний.
4. Декоративний.
5. Оригінальний.
6. Флористичний.

2. До зелених зон спеціального призначення належать:

1. Парки, сквери.
2. СЗЗ підприємств.
3. Кладовища.
4. Санаторії, дома відпочинку.
5. Школи та садочки.

3. На норму озеленення міста впливає:

1. Кліматична зона розташування міста.
2. Щільність забудови.
3. Кількість населення.
4. Тип ґрунту.
5. Тип зелених зон за призначенням.

2 РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ СТАНЦІЇ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СМІТТЯ

2.1 Загальні положення

Кількість відходів, що утворюються у місті за добу або за рік, визначається на основі норм накопичення ТПВ за розрахункову одиницю часу. Для житлових будівель норми накопичення встановлюються на 1 чол., культурно-побутових об'єктів – на 1 місце, магазинів й складів – на 1 м² торгової площі. Норми накопичення, як і склад ТПВ, залежать від ступеню благоустрою житлового фонду, кількості поверхів, виду палива, а також розвитку громадського харчування, культури, торгівлі, ступеня добробуту.

За наявності у домах сміттепроводів норма накопичення збільшується на 20-25% у зв'язку із сприятливими умовами для швидкого видалення відходів в будь-який час доби за виключенням неорганізованого скиду змету й харчових відходів у каналізацію. Відсутність каналізації призведе до зволоження відходів, підвищення їх середньої щільності і збільшенню загальної маси ТПВ. Загальна маса збільшується також за використання у місцевому опаленні замість дров кам'яного та бурого вугілля, при спалюванні якого зола і шлак складають відповідно 10-15 і 25-30% й більше. При збільшенні площі зелених насаджень та покриттів проїздів і тротуарів на об'єкті, що обслуговується (більше 4-12 і 2-5 м² на 1 мешканця) необхідно добавляти до норм накопичення додатковий дворовий змет. При організації роздільного збору слід враховувати орієнтовне зменшення норми накопичення побутового сміття на 1 чол. за рік: на 35кг і більше при відборі харчових відходів і на 20кг - при відборі вторинної сировини.

Норми накопичення потребують періодичного перегляду і уточнення не ріже 1 разу в п'ять років. Фактичні норми встановлюють у відповідності до результатів сезонного обслідування об'єктів утворення відходів впродовж року. Для визначення кількості відходів підбирають житлові мікрорайони з однаковим ступенем благоустрою. Добову норму накопичення на 1 людину за об'ємом, л/чол, та масою, кг/чол за сезон визначають за формулами:

$$V_{cc} = V_o / Nt \text{ и } M_c = M_o / Nt , \quad (2.1)$$

де V_{cc} – добове накопичення відходів (за об'ємом), л/чол.;

M_c – те ж (за масою), кг/чол.;

V_o – об'єм видалених відходів за період, л;

M_o – маса видалених відходів за період, кг;

t – тривалість періоду, впродовж якого проводять виміри.

Добову норму накопичення в середньому за рік за об'ємом V_c , л/чол., M_c , кг/чол., розраховують таким чином:

$$V_c = (V_{cc^3} + V_{cc^B} + V_{cc^L} + V_{cc^0}) / 4; \quad (2.2)$$

$$M_c = (M_{cc^3} + M_{cc^B} + M_{cc^L} + M_{cc^0}) / 4, \quad (2.3)$$

де V_{cc^3} , V_{cc^B} , V_{cc^L} , V_{cc^0} – середньосезонні добові норми відповідно зимою, весною, влітку, восени (за об'ємом), л/чол.;

M_{cc^3} , M_{cc^B} , M_{cc^L} , M_{cc^0} – те ж (за масою) кг/чол.

Середню щільність відходів γ визначають за формулою:

$$\gamma = M / V, \text{ кг/л або кг/м}^3. \quad (2.4)$$

Коефіцієнти добової нерівномірності накопичення відходів за об'ємом та масою розраховують за формулами:

$$k_v = V_{cc \text{ макс}} / V_c; \quad (2.5)$$

$$k_m = M_{cc \text{ макс}} / M_c, \quad (2.6)$$

де $V_{cc \text{ макс}}$ – найбільше добове накопичення відходів за об'ємом, л/чол.;

$M_{cc \text{ макс}}$ – те ж за масою, кг/чол.

Щоб забезпечити презентабельність вибірки при розрахунку норми накопичення ТПВ у містах з населенням більше 500 тис. чол., потрібно дослідити ділянки з охопленням не менш 0,5% населення, у містах з населенням до 300 тис. чол. – ділянки з охопленням 2% населення. Культурно-побутові об'єкти повинні бути представлені, як мінімум, двома найбільш характерними об'єктами. При організації санітарної очистки у кожному конкретному місті слід визначати фактичні норми у відповідності до наведеної методики.

Прогнозування річного накопичення ТПВ V_p визначає за математичною залежністю:

$$V_p = k_v V_p (1 - e^{-at}), \quad (2.7)$$

де k_v – понижуючий коефіцієнт, який враховує збір вторинної сировини за рік;

V_p – максимально можливе значення норми накопичення ТПВ за відсутності збору вторинної сировини;

a – показник, що визначає значення V_p на початку розрахунку:

x – коефіцієнт, що визначає темп зростання;

t – час від початку періоду до розрахункового року.

Крім того, річне накопичення крупногабаритних відходів прогнозується на рівні 0,12-0,14 м³/чол. або 24-28 кг/чол. Прогноз накопичення для орієнтовних розрахунків за масою можна визначити методом складних процентів за формулою:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{вих}} (1 + 0,005)^{t_n} \quad , \quad (2.8)$$

де $M_{\text{вих}}$ – вихідна маса відходів, кг;

0,005 – коефіцієнт річного зростання накопичення відходів у вагових одиницях;

t_n – період прогнозування, рік.

В крупних містах з віддаленістю місць знешкодження або поховання відходів більш ніж 15-20 км від районів обслуговування з числом мешканців не менш 80-90 тис. чол, де застосування сміттєвозів малої вантажопідйомності знижує їх виробництво, доцільна організація сміттєперевантажувальних станцій. У цьому випадку збір і транспортування ТПВ відбувається у два етапи:

- 1) збір ТПВ у районах обслуговування малими маневреними збиральними сміттєвозами і доставка їх на сміттєперевантажувальні станції;
- 2) перевантаження ТПВ на сміттєвози великої вантажопідйомності та доставка до полігону або сміттєпереробного заводу.

Потужність сміттєперевантажувальні станції Q , т/доб., розраховують за формулою:

$$Q = N_m M_d k_n \quad , \quad (2.9)$$

де N_m – число мешканців міста обоа району, що обслуговується, тис.чол.;

M_d – середньодобова норма накопичення відходів ТПВ на 1 мешканця, т;

k_n - коефіцієнт нерівномірності накопичення.

Приклад розрахунку

Завдання : Для розробки перспективної схеми санітарної очистки міста зробити прогноз річного накопичення ТПВ на період прогнозування 20 років, потужність сміттєперевантажувальної станції.

Вихідні дані:

Добова норма накопичення на 1 людину за масою т/чол. – 0.007;

число мешканців міста або району, що обслуговується - 500 тис.чол.;

коефіцієнт нерівномірності накопичення - 1.15;

коефіцієнт, який враховує збір вторинної сировини за рік - 0.75;

максимально можливе значення норми накопичення ТПВ за відсутності збору вторинної сировини - 2.5 м³;
показник, що визначає значення V_p на початку розрахунку - (-0,5);
коефіцієнт, що визначає темп зростання кількості відходів - 0.15;
розрахунковий період - 20 років;
вихідна маса відходів, - 25 кг;
коефіцієнт річного зростання накопичення відходів у вагових одиницях – 0,005;

1. Прогнозування річного накопичення ТПВ V_p визначає за математичною залежністю (2.7):

$$V_p = 0,75 \cdot 2,5 \cdot (1 - e^{0,5 - 0,15 \cdot 20}) = 1,72 \text{ м}^3.$$

2. Прогноз накопичення відходів методом складних процентів за формулою (2.8):

$$M_{\text{пр}} = 25 (1 + 0,005)^{20} = 27,62 \text{ кг} .$$

3. Потужність сміттєперевантажувальні станції Q, т/доб., розраховують за формулою (2.9):

$$Q = 0,007 \cdot 500000 \cdot 1,15 = 4025 \text{ т/доб.}$$

Висновок: В результаті прогнозування визначили, що норми накопичення відходів на кінець періоду 20 років складатиме 1,72 м³, або 27.62 кг на людину. Потужність сміттєперевантажувальної станції повинна відповідати кількості відходів 4025 т на добу.

2.2 Завдання для самостійної роботи

Для розробки перспективної схеми санітарної очистки міста зробити прогноз річного накопичення ТПВ на період прогнозування 20 років, потужність сміттєперевантажувальної станції.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

№ варіанту	Об'єм річного накопичення ТПВ, м ³ /чол	Коефіцієнт збору вторинних відходів	Показник початкового об'єму відходів (а)	Темп росту, %	Маса накопичення відходів, кг/м ³	Чисельність населення, тис.чол.	Коефіцієнт нерівномірності накопичення
1	1,4	0,7	-0,50	0,1	320	50	1,1
2	1,5	0,75	-0,51	0,15	340	100	1,12
3	1,6	0,8	-0,52	0,2	345	150	1,13
4	1,7	0,85	-0,53	0,22	350	200	1,4
5	1,8	0,9	-0,54	0,21	350	250	1,15
6	1,9	0,95	-0,55	0,24	360	300	1,2
7	2,0	0,77	-0,56	0,31	375	350	1,25
8	2,1	0,65	-0,57	0,14	400	400	1,13
9	2,2	0,82	-0,58	0,16	380	450	1,14
10	2,3	0,74	-0,59	0,17	310	500	1,15

Питання самоконтролю

1. Що таке «норма накопичення ТПВ»?
2. Від яких факторів залежить норма накопичення відходів?
3. Яким чином визначається добова норма накопичення відходів?
4. Що визначає коефіцієнт нерівномірності накопичення відходів?
5. З якою метою проводиться прогнозування кількості накопичення ТПВ?
6. Який склад ТПВ?
7. Як відбувається збір відходів?
8. Як відбувається транспортування відходів?
9. Причина необхідності сміттєперевантажувальні станції?
10. Що враховується при визначенні потужності сміттєперевантажувальної станції?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт

Вибрати всі правильні відповіді

1. Нормою є кількість накопичених відходів:

1. Мешканцями міста за рік.
2. Мешканцем міста за добу.
3. Підприємствами за рік.

2. Коефіцієнт нерівномірності накопичення характеризує:

1. Накопичення відходів впродовж доби.
2. Накопичення відходів по території міста.
3. Накопичення відходів різного складу.

3. Яким видом транспорту транспортуються відходи:

1. Авіаційним.
2. Трубопровідним.
3. Автомобільним.

3 РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Загальні положення

Системи водопостачання промислових підприємств класифікуються за способами використання води: прямотечійні, оборотні і з повторним використанням води. При прямотечійних системах (рис.3.1) вода, як правило, входить до складу кінцевої продукції (наприклад, у виробництві мінеральних кислот, рідких суспендованих комплексних добрив тощо) або істотно змінює свій склад (наприклад, вода електролітів в електролізерах), у зв'язку з чим її повторне використання недоцільне. В останньому випадку її скидають після змішування з іншими стічними водами в місцеву гідрографічну мережу або передають на очисні споруди.

В оборотних системах повторного використання водопостачання (рис. 3.2), коли вода використовується в основному для охолодження, доцільно нагріту воду охолоджувати (наприклад, у градирнях) і подавати для повторного використання на тому самому об'єкті. При цьому з джерела водопостачання подається тільки 3-5 % загальної кількості води, що використовується, для поповнення її втрат під час обігу. Іноді оборотну воду треба не лише охолоджувати, а й направляти на очищення.

У системах повторного використання вода, яка скидається одним із промислових споживачів, може бути використана іншим (наприклад, вода після уловлювання фтор-газів у виробництві суперфосфату використовується під час добування фторидгідрофториду амонію). Це дає змогу зменшити кількість води, яка забирається з водного джерела.

У разі прямотечійного водопостачання деякий об'єм води втрачаються безповоротно ($Q_{вт}$). Об'єм стічних вод, що відводяться та скидаються у водойму ($Q_{ск}$), становить

$$Q_{ск} = Q_{дж} - Q_{вт}. \quad (3.1)$$

У схемі з послідовним водопостачанням об'єм стічних вод, що скидаються, зменшується відповідно до втрат на всіх стадіях виробництва:

$$Q_{ск} = Q_{дж} - (Q_{вт1} + Q_{вт2} + \dots + Q_n). \quad (3.2)$$

У разі проходження стічних вод додатково через систему очисних споруд втрати води збільшуються, оскільки частина води втрачається в процесі очищення (зі шлаком, осадом тощо):

$$Q_{ск} = Q_{дж} - (Q_{вт1} + Q_{вт2} + Q_{ш} + Q_n). \quad (3.3)$$

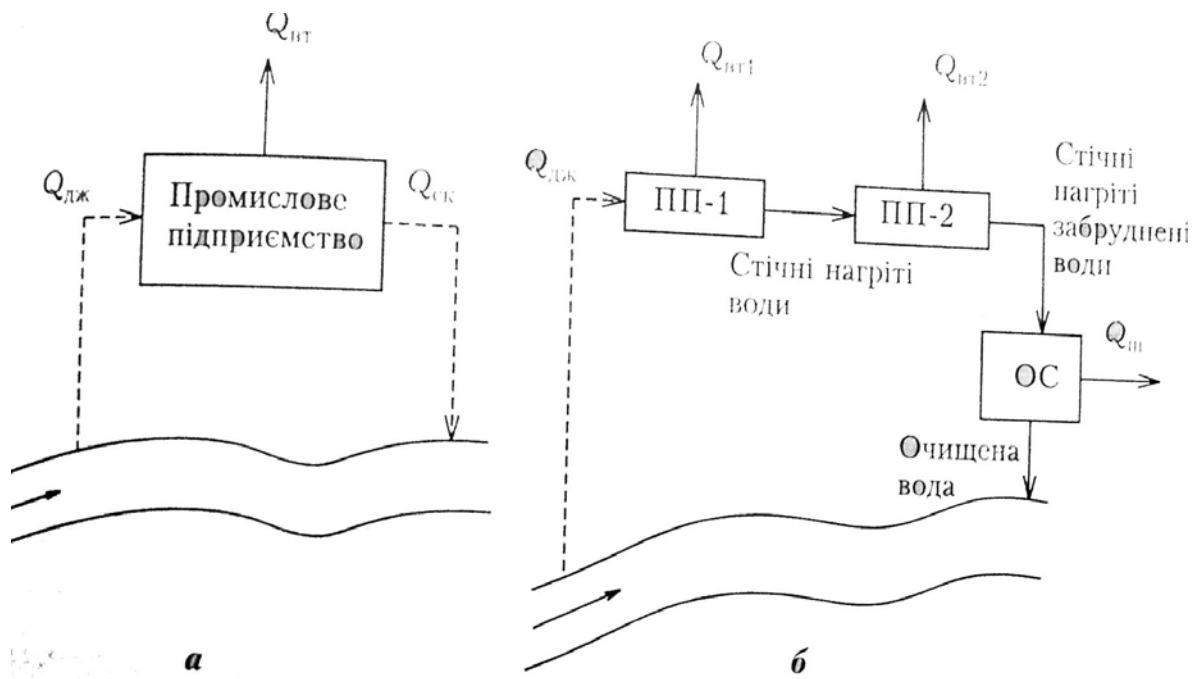


Рис. 2.1. Схема прямотечійного (а) і послідовного (б) водопостачання:

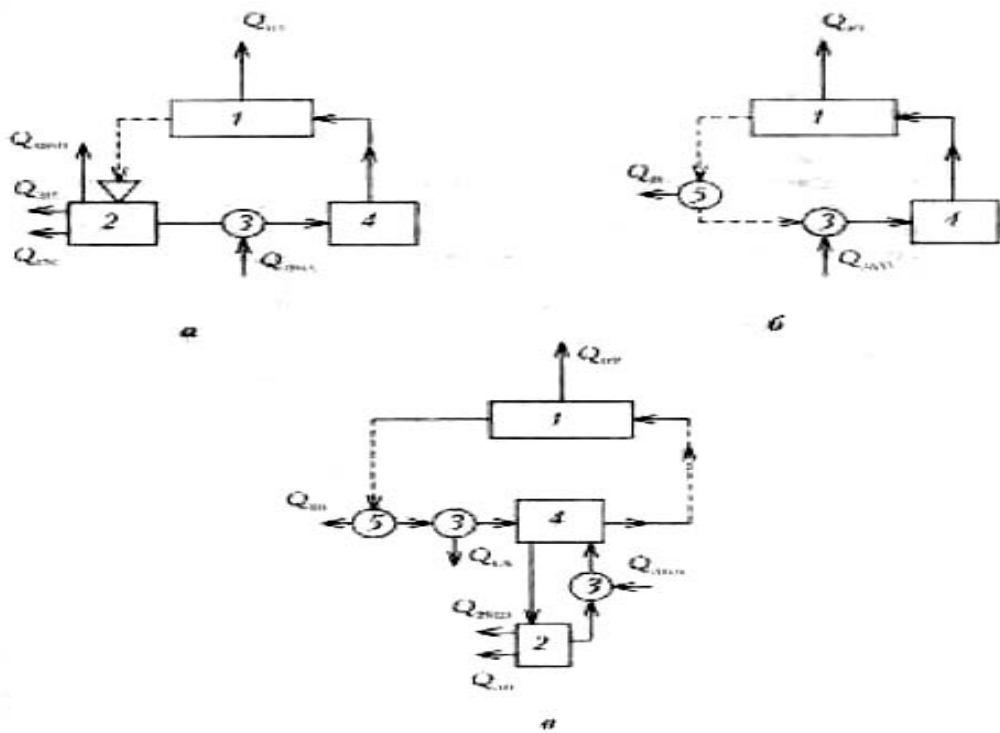


Рис. 2.2. Схеми оборотного водопостачання:

Ефективність використання води на промислових підприємствах оцінюють за трьома показниками: відносним об'ємом використаної оборотної води ($P_{об}$), коефіцієнтом використання (K_B) та часткою втрат ($P_{вт}$).

Технічну досконалість системи водопостачання оцінюють за відносним об'ємом використаної оборотної води ($P_{об}, \%$):

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{дж} + Q_c} \cdot 100 \%, \quad (3.4)$$

де $Q_{об}, Q_{дж}, Q_c$ – об'єми води, що використовується з джерела та надходить у систему водопостачання з сировиною.

2. Раціональність використання води, яку забирають з джерела, оцінюють коефіцієнтом використання K_B :

$$K_B = \frac{(Q_{дж} + Q_c - Q_{ск})}{Q_{дж} + Q_c} \leq 1 \quad (3.5)$$

3. Втрати води оцінюють за формулою:

$$P_{вт} = \frac{Q_{дж} + Q_c - Q_{об}}{Q_{вт} + Q_c + Q_{об} + Q_n} \cdot 100 \%, \quad (3.6)$$

де Q_n – кількість води, що використовується у виробництві послідовно.

Приклад розрахунку

Завдання: Обчислити коефіцієнт використання води на двох підприємствах, де втрати води на одиницю продукції становлять 10 %.

На першому підприємстві водопостачання здійснюють за прямооточійною схемою зі скиданням стічних вод у каналізацію, на другому – за схемою оборотного водопостачання з очищенням стічних вод.

Для першого підприємства втрати води становлять:

$$Q_{вт} = 10 Q_{дж} / 100 = 0,1 Q_{дж} .$$

Об'єм води, яку скидають у каналізацію, обчислюють за формулою (3.1):

$$Q_{ск} = Q_{дж} - 0,1Q_{дж} = 0,9 Q_{дж}.$$

Згідно з формулою (3.5), коефіцієнт використання води для першого підприємства дорівнює

$$K_v = (Q_{дж} - 0,9 Q_{дж}) : Q_{дж} = 0,1.$$

У другому підприємстві вода не скидається в каналізацію, а надходить на очищення і знову використовується у виробництві. Тому

$$Q_{ск} = 0.$$

Коефіцієнт використання води для другого підприємства дорівнює одиниці:

$$K_v = Q_{дж} / Q_{дж} = 1.$$

Висновок:

Коефіцієнт використання води на першому підприємстві, де стічні води становлять 90% дорівнює 0.1, а для другого 1. Тобто використання води за оборотної системи, де стічних вод майже немає є більш раціональним.

3.2 Завдання для самостійної роботи

Зробити висновок про ефективність використання води на різних підприємствах за умов різних систем водопостачання. Вихідні дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика водоспоживання підприємств

№ варіанту	Вид продукції	Об'єм води з джерела, м ³	Об'єм води з сировиною, м ³	Об'єм води, що використовується оборотно чи послідовно, м ³	Стічна вода, м ³	Безповоротні втрати води
1	Видобування нафти, т	3,6	0,6	3,6	0,4	3,2
	Виробництво трикотажу, т	327	0,1	50	165	162
2	Видобування газу „умовного”, м ³	15		600	3	12
	Виробництво трикотажу, т	323	0,1	50	187	133
3	Виробництво папіру, т	40	0,2	290	37	3
	Виробництво консервів рибних, тис. банок	31,6	0,3	-	31,2	0,4
4	Виробництво хімічних засобів захисту рослин, т	24	-	209	11	13
	Виробництво взуття шкіряного, 1000 пар	15	0,1	2,5	12,5	2,5
5	Виробництво тракторів, 1 трактор	83	-	367	62	21
	Виробництво цегли силікатної, 1000 шт	1,6	0	3,8	1	0,6
6	Виробництво автобусів, 1 автобус	237	-	390	80	157
	Виробництво збірного залізобетон, м ³	2	0,1	2,4	0,9	1,1
7	Виробництво картону тарного, т	25	0,2	230	24	1
	Виробництво трикотажу, т	320	0,5	55	165	162
8	Виробництво чавуну, т	7,3	-	223	0,1	7,2
	Виробництво консервів рибних, тис. банок	31	0,3	-	30	0,4
9	Виробництво синтетичного волокна, т	160	0	2000	120	40
	Виробництво електродвигунів, 1 двигун	6	-	36	5,4	0,6
10	Виробництво синтетичних миючих засобів, т	2,3	0	2	0,95	1,35
	Виробництво меблі, т	29	5	14	26	3
11	Виробництво нафтообладнання, т	34	0	37	30,5	3,5
	Виробництво кровельного картону, т	50	1	190	48,9	1, 1
12	Виробництво труб сталевих, т	1,9	0	62,1	0,1	1,8
	Виробництво синтетичних миючих засобів, т	2,5	0	1,5	0,95	1,35
13	Виробництво соди кальцинованої, т	14,5	0	120	9,9	4,5
	Виробництво взуття шкіряного,	20	0,1	2	12,5	2,5

	1000 пар					
14	Виробництво скла листового віконного, т	47	0,5	530	11	36
	Виробництво м'яса, т	84	2	27	24	3
15	Виробництво молочної продукції, т	6	2	25	5	1
	Виробництво синтетичних миючих засобів, т	3	0	2	1	1,35
16	Виробництво папіру, т	40	0,5	300	35	4
	Виробництво папіру, т	300	0,5	40	200	6

Питання самоконтролю

1. Які класи систем водопостачання промислових підприємств?
2. Які ознаки прямотечійної системи водопостачання?
3. Які ознаки системи водопостачання з повторним використанням води?
4. Які ознаки оборотної системи водопостачання?
5. Як розраховується об'єм стічних вод для прямотечійної системи водопостачання?
6. Як розраховується об'єм стічних вод для системи водопостачання з повторним використанням води?
7. Як розраховується об'єм стічних вод для оборотної системи водопостачання?
8. Які показники ефективності використання води на промислових підприємствах?
9. Що характеризує «технічна досконалість системи водопостачання», розрахункова формула?
10. Що характеризує «раціональність використання води», розрахункова формула?
11. Як розрахувати показник втрати води із систем водопостачання?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт

Вибрати всі правильні відповіді

1. Які класи систем водопостачання використовуються на промислових підприємствах:

1. Підземні.
2. Прямотечійні.
3. Централізовані.
4. Оборотні.

2. Які показники ефективності використання води застосовуються на промислових підприємствах:

1. Накопичення відходів впродовж доби.
2. Технічна досконалість системи водопостачання.
3. Кількість стічних вод за період.
4. Раціональність використання води

3. Якщо об'єм стічних вод становить 15% від води із джерела, коефіцієнт використання води складає:

1. 1.0
2. 0.85
3. 1.85
4. 5.0

4 РОЗРАХУНОК ВОДОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

4.1 Загальні положення

Водопостачання підприємств розділяють на виробниче і господарсько-питне.

Розхід води на виробничі потреби визначає специфіку водоспоживання підприємства.

Для зернопереробних підприємств основні водоспоживанні технологічні процеси, допоміжні та господарсько-питні потреби такі:

- технологічні процеси при виробництві муки – миття зерна, зволоження, охолодження валків вальцьових станків, кондиціонування;
- при виробництві крупи – зволоження зерна, миття крупи, охолодження валків плющильних станків, миття валів фасувальних автоматів, кондиціонування;
- при виробництві комбікормів – розчинення карбаміду, кондиціонування.

Допоміжні виробництва – це живлення парових котлів для технологічних цілей: підігрів зерна, кондиціонування для молокозаводів, пропарювання зерна для крупозаводів Кб.

Споживання води котельними W розраховується за формулою:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5, \quad (4.1)$$

де W_1 – поповнення втрат пари і конденсату технологічними споживачами;

W_2 - поповнення внутрішньо котлових втрат пари;

W_3 – поповнення втрат, пов'язаних з періодичною продувкою;

W_4 – поповнення втрат котлової води при відборі проб;

W_5 – поповнення втрат, пов'язаних з підтіканням насосів.

$$W_1 = D_i \cdot \alpha_i \cdot N_i \cdot \tau_i \cdot n_p, \quad (4.2)$$

де D_i - виробництво, т/год.;

α_i - коефіцієнт безвозвратних втрат пари і конденсату;

N_i - число котлів;

τ_i - тривалість роботи, год/дів;

n_p – число днів роботи за рік.

$$W_2 = D_i \cdot \beta \cdot N_i \cdot \tau_i \cdot n_i, \quad (4.3)$$

де β – коефіцієнт внутрішньо котлових втрат.

$$W_3 = \Pi_{\text{пнi}} P_{\text{пнi}} \tau_{\text{пнi}} \cdot n_i \quad , \quad (4.4)$$

де $\Pi_{\text{пнi}}$ - частота періодичної продувки, разів/діб;
 $\tau_{\text{пнi}}$ – тривалість продувки, хвил.;
 $P_{\text{пнi}}$ - втрати води при періодичній продувці, т/хвил.

$$W_4 = \Pi_{\text{oi}} P_a \tau_a \cdot n_i \quad , \quad (4.5)$$

де Π_{oi} - частота відбору проб, разів/діб;
 P_a – втрати води при відборі проби, т/хвил.;
 τ_a - тривалість відбору проби, хвилин.

$$W_5 = 60 \cdot \eta \cdot \tau_i n_i \quad , \quad (4.6)$$

де η – норматив підтікання поживних насосів, л/хвил.

Розрахунок водоспоживання на миття сировини ($W_{\text{м.с.}}$):

$$W_{\text{м.с.}} = q \cdot M_{\text{с}} \quad , \quad (4.7)$$

де q – витрата води м³/т сировини;
 $M_{\text{с}}$ – маса сировини, т/рік.

Розрахунок водоспоживання на миття обладнання $W_{\text{м.об.}}$ і-того виду:

$$W_{\text{м.об.}} = n_i q_{\text{нми}} \cdot h_p \quad , \quad \text{м}^3/\text{рік} \quad (4.8)$$

де n_i – кількість одиниць обладнання і-го виду;
 $q_{\text{нми}}$ - питомий розхід води на миття обладнання і-го виду .

Розрахунок водоспоживання на господарсько-побутові потреби. Воду витрачають на: санітарно-побутові потреби працівників (W_1) , миття в душових (W_2), прання робочого одягу (W_3). Річне сумарне споживання води (W , м³/рік) розраховується за формулою:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad . \quad (4.9)$$

Нормативи витрати води наведені в табл.4.1.

Річну витрату на санітарно-побутові потреби визначають за формулою:

$$W_1 = 10^{-3} \cdot n_p \cdot (K_1 \cdot IC + K_2 \cdot B_p + K_3 \cdot B) \quad , \quad (4.10)$$

де n_p - число робочих днів у році;

$K_1...K_3$ - норма розходу води, відповідно ІТР, робітників, водіїв, л/діб;
 IC – сумарне число ІТР, чол.;
 Br – число робітників, чол.;
 B – число водіїв.

Таблиця 4.1. – Нормативи витрати води на господарсько-побутові потреби

Спрямування витрати води	Позначення нормативу	Одиниці виміру	Значення нормативу
Санітарно-побутові:			
ІТР	K_1	л/чол..	12
Працівників	K_2	л/чол..	25
Водіїв	K_3	л/чол..	15
Душові сітки	K_4	л/сітка	500

Річну витрату води на миття в душах визначають за формулою:

$$W_2 = 10^{-3} \cdot n_p \cdot 0,75 \cdot K_4 \cdot N \cdot m \quad , \quad (4.11)$$

де K_4 - норма витрати води на 1 душову сітку, л/чол.;
 m – число душових сіток, шт.;
 N – кількість людей, які миються у душі ($Br+B$);
 n_p - число змін в цеху.

Незворотні втрати розраховуються за формулою:

$$W_{Inom} = Kb \cdot (IC + Br + B) \cdot n_p \cdot Kp, \quad (4.12)$$

де Kb - коефіцієнт незворотних втрат (для санітарно-побутових потреб $Kb = 1,05$).

Приклад розрахунку

Завдання: Розрахувати об'єм води на водоспоживання підприємства, до складу якого входить котельня і обладнання, а також вода споживається на господарсько-побутові цілі. Розрахунки проводяться з урахуванням даних:

- виробництво складає - 1000 т/год;
- коефіцієнт безповоротних втрат пари і конденсату - 0,13;
- число котлів - 5;
- тривалість роботи - 8 годин на добу;
- число днів роботи за рік - 260;

- коефіцієнт внутрішньо котлових втрат – 0,15;
- на добу відбувається 1 продувка, тривалість якої 15 хвил;
- втрати води при продувках – 0,04 т/хвил;
- частота відбору проб на добу – 2;
- втрати води при цьому становлять – 0,00005т;
- тривалість відбору проби – 10 хвил;
- норматив підтікання поживних насосів – 0,01 л/хвил;
- кількість сировини – 10000000т на рік;
- витрата води на тонну сировини – 15м³;

1. Поповнення втрат пари і конденсату технологічними споживачами розраховується за формулою (4.2):

$$W_1 = 1000 \cdot 0,13 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 260 = 1352000 \text{ м}^3.$$

2. Поповнення внутрішньо котлових втрат пари розраховується за формулою (4.3) :

$$W_2 = 1000 \cdot 0,15 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 260 = 1560000 \text{ м}^3.$$

3. Поповнення втрат, пов'язаних з періодичною продувкою розраховується за формулою (4.4):

$$W_3 = 1 \cdot 0,04 \cdot 15 \cdot 5 = 3 \text{ м}^3.$$

4. Поповнення котлової води при відборі проб розраховується за формулою (4.5) :

$$W_4 = 2 \cdot 0,00005 \cdot 10 \cdot 5 = 0,0005 \text{ м}^3.$$

5. Поповнення втрат, пов'язаних з підтіканням насосів розраховується за формулою (4.6):

$$W_5 = 60 \cdot 0,01 \cdot 8 \cdot 5 = 24 \text{ м}^3.$$

Тоді об'єм споживання котельними становить:

$$W = 1352000 + 1560000 + 3 + 0,0005 + 24 = 2912027,001 \text{ м}^3.$$

Водоспоживання на миття сировини розраховується за формулою (4.7):

$$W_{\text{мс}} = 1000000000 \cdot 15 = 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Водоспоживання на миття обладнання розраховується за формулою (4.8):

- кількість одиниць обладнання – 100;
- питомий розхід води на миття обладнання – 0,001;

$$W_{\text{мо}} = 100 \cdot 0,001 \cdot 260 = 26 \text{ м}^3.$$

Річна витрата води на санітарно-побутові потреби визначають за формулою (4.10):

- сумарне число ІТР на підприємстві – 100;
- число робітників – 300;
- число водіїв – 10;

$$W_{\text{сп}} = 10^{-3} \cdot 260 \cdot (12 \cdot 100 + 25 \cdot 300 + 15 \cdot 10) = 8112 \text{ м}^3.$$

Річна витрата на миття в душах:

$$W_{\text{мд}} = 10^{-3} \cdot 260 \cdot 0,75 \cdot 500 \cdot 3 \cdot 1 = 292,5 \text{ м}^3.$$

Таким чином на господарсько-побутові потреби необхідно

$$W = 8112 + 292,5 = 8404,5 \text{ м}^3.$$

Незворотні втрати води на підприємстві розраховуються за формулою (4.12):

$$W_{\text{нв}} = 1,05 (100 + 300 + 10) \cdot 260 \cdot 0,015 = 1269,45 \text{ м}^3.$$

Висновок: на потреби у воді для підприємства на рік необхідно 1,503 км³.

4.2 Завдання для самостійної роботи

Розрахувати необхідну кількість води на водопостачання підприємства за даними таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 . -Вихідні дані

№ варіанту	Виробництво, т/год	α_i	β	Число котлів	Тривалість роботи	Число днів роботи за рік	Кількість продувок	Тривалість продувок, хвил.
1	100	0,12	0,11	1	8	260	1	10
2	200	0,1	0,12	2	16	312	2	15
3	20	0,11	0,13	3	24	260	4	20
4	230	0,13	0,14	4	8	312	1	25
5	540	0,14	0,15	5	16	260	2	30
6	1000	0,12	0,09	7	24	312	3	20
7	500	0,1	0,08	1	8	260	4	10
8	280	0,11	0,10	2	16	312	5	18
9	750	0,13	0,16	3	24	260	6	16
10	400	0,14	0,12	4	8	260	5	28
11	600	0,12	0,11	5	16	312	1	10
12	650	0,1	0,12	7	24	312	2	15
13	850	0,11	0,13	1	8	260	4	20
14	100	0,13	0,14	2	16	312	1	25
15	150	0,14	0,15	3	24	260	2	30
16	260	0,12	0,09	4	8	312	3	20
17	280	0,1	0,08	5	16	260	4	10
18	10000	0,11	0,10	7	24	312	5	18
19	900	0,13	0,16	10	8	240	6	16
20	4500	0,14	0,12	8	8	220	5	28

Продовження таблиці 4.2

№ варіанта	Витрати при продувках, т/хв	Частота відбору проб	Втрати при відборі проб, т	Тривалість відбору проб, хв.	Норматив підтікання, л/хвл	Кількість сировини, т/рік	Витрата води на т сировини, м ³	Кількість робітників, ІС,Р,В, відповідно
1	10	1	0,004	15	0,009	100	20	20,40,3
2	11	2	0,005	5	0,010	200	30	100,250,15
3	12	3	0,001	10	0,012	150	40	50,150,5
4	13	1	0,002	15	0,014	109	15	20,100,3
5	15	2	0,006	5	0,008	222	20	60,500,30
6	20	3	0,003	10	0,0012	50	30	20,40,3
7	25	1	0,001	15	0,0015	10	40	100,250,15
8	24	2	0,005	5	0,009	16	15	50,150,5
9	26	2	0,007	10	0,010	23	20	20,100,3
10	30	1	0,004	15	0,012	34	30	60,500,30
11	10	1	0,004	5	0,014	28	40	20,40,3
12	11	2	0,005	10	0,008	80	15	100,250,15
13	12	3	0,001	15	0,0012	90	20	50,150,5
14	13	1	0,002	5	0,0015	120	30	20,100,3
15	15	2	0,006	10	0,001	210	40	60,500,30
16	20	3	0,003	15	0,002	320	15	20,40,3
17	25	1	0,001	5	0,005	450	20	100,250,15
18	24	2	0,005	10	0,003	620	30	50,150,5
19	26	2	0,007	5	0,004	710	40	20,100,3
20	30	1	0,004	10	0,006	10	15	60,500,30

Питання самоперевірки

1. На які потреби поділяються водопостачання підприємств?
2. Які втрати води необхідно враховувати при розрахунку водоспоживання котельними?
3. Яким чином розраховується водоспоживання на миття сировини?
4. Яким чином розраховується водоспоживання на миття обладнання?
5. Які потреби враховують санітарно-побутові потреби?
6. Що визначає витрату води на миття у душах?
7. Які чинники формування незворотних втрат води на підприємстві?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт Вибрати всі правильні відповіді

1. Потреби, на які поділяються водопостачання підприємств:

1. Виробниче.
2. На споживання котельними.
3. На пожежегасіння.
4. Господарсько-питне.
5. Комунальне.

2. Потреби враховують санітарно-побутові потреби:

1. Виробниче.
2. Питні потреби.
3. На пожежегасіння.
4. На миття у душах.
5. На прання спецодягу.

3. Витрату води на миття у душах визначає:

1. Кількість працівників.
2. Норма витрати на душову сітку.
3. Число робочих змін.
4. Кількість спецодягу.
5. Об'єм водопостачання підприємства.

5 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНИХ ПОТРЕБ ТА ПОТРЕБ ВИРОБНИЦТВА

5.1 Загальні положення

У відповідності до Водного кодексу України оцінка якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водоспоживання. Діючі нормативи дозволяють оцінити якість води, яка використовується для комунально-побутового, господарсько-питного і рибогосподарського водоспоживання.

До комунально-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, занять спортом і відпочинку. До господарсько-питного водокористування належить використання води водних об'єктів як джерело господарсько-питного водопостачання та підприємств харчової промисловості. До рибогосподарського водопостачання належать водні об'єкти, які використовують як середовище мешкання риби і інших водних організмів. Різні ділянки водного об'єкту можуть належати до різних категорій водокористування.

Нормативну базу оцінки якості води складають загальні вимоги до складу і властивостей води і значення гранично допустимих концентрацій речовин у воді водних об'єктів.

Загальні вимоги визначають найбільш важливі фізичні, бактеріологічні та узагальнені хімічні показники. Вони можуть задаватися у вигляді конкретної величини, зміни величини показника в результаті впливу зовнішніх факторів або у вигляді якісної характеристики показника.

Водні об'єкти є придатними для господарсько-питного водокористування, якщо одночасно виконуються такі умови:

- для речовин, які належать до третього і четвертого класу небезпеки:

$$C \leq \text{ГДК}, \quad (5.1)$$

де C – концентрація речовини у водному об'єкті, мг/дм³;

ГДК – гранично допустима концентрація для господарсько-питного водокористування, мг/дм³;

- для речовин, які належать до першого і другого класу небезпеки:

$$\sum C_i / \text{ГДК}_i \leq 1 \quad (5.2)$$

Питна вода. Головними вимогами до питної води є: нешкідливість і безпечність для здоров'я населення, добрі органолептичні. Смакові

якості води визначають перш за все кількістю і якістю розчинених в ній солей (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. – Значення концентрацій солей, які надають воді присмаку, мг/л

Сіль	Слабко відчутний смак	Помітний смак	Неприємний смак
NaCl	165	495	660
MgCl ₂	135	400	535
Na ₂ SO ₄	150	450	-
CaSO ₄	70	140	-
MgSO ₄	250	625	750
FeSO ₄	1,6	4,8	-
NaNO ₃	70	205	346
NaNO ₃	415	450	-

Норми якості, яким повинна відповідати питна вода встановлені національним стандартом 7525:2014 „Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості”. Якщо вода не відповідає вимогам, її обробляють. Основні вимоги до якості питної води передбачають визначення близько 40 показників.

За мікробіологічними показниками питна вода повинна відповідати таким умовам:

загальна кількість бактерій в 1 мл води – не більше 100 колоній; кількість бактерій кишкових паличок в 1 л води (колі-індекс) – не більше 3. Концентрація хімічних речовин, які зустрічаються в природних водах чи додаються у воду при її обробці не повинна перевищувати стандартних нормативів, наведених у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.- Нормативи концентрацій деяких хімічних речовин у питній воді

Назва показника	Норматив
Алюміній залишковий (Al), мг/л, не більше	0,5
Берилій (Be), мг/л, не більше	0,0002
Молібден (Mo), мг/л, не більше	0,07
Арсен (As), мг/л, не більше	0,05
Нітрати (NO ₃ ⁻), мг/л, не більше	50,0
Поліакриламід залишковий, мг/л, не більше	2,0
Свинець (Pb), мг/л, не більше	0,01
Селен (Se), мг/л, не більше	0,01
Стронцій (Sr), мг/л, не більше	7,0
Фтор (F), мг/л, не більше для кліматичного району I і II	1,5
III	1,2
IV	0,7

Концентрації хімічних речовин, які впливають на органолептичні властивості води і зустрічаються в природних водах чи додаються у воду при її обробці, не повинні перевищувати нормативів наведених у табл. 5.3.

Таблиця 5.3. - Нормативи деяких показників у питній воді

Назва показника	Норматив
Водневий показник, рН	6,5 – 8,5
Залізо (Fe), мг/л, не більше	0,2
Марганець (Mn), мг/л, не більше	0,05
Жорсткість загальна, ммоль/л	7,0
Мідь (Ca ²⁺), мг/л, не більше	1,0
Полі фосфати залишкові (PO ₄ ³⁻), мг/л, не більше	3,5
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/л, не більше	250
Сухий залишок, мг/л, не більше	1000
Хлориди (Cl ⁻), мг/л, не більше	350
Цинк (Zn), мг/л, не більше	5,0

Органолептичні властивості води мають відповідати стандартним вимогам, наведеним у табл. 5.4. Вміст солей групи важких металів, радіоактивних елементів, інших шкідливих речовин, які не згадано вище повинні відповідати нормам, встановленим Міністерством охорони здоров'я, а за відсутності офіційних норм визначається ним у кожному окремому випадку.

Таблиця 5.4. – Вимоги до органолептичних властивостей питної води

Назва показника	Норматив
Запах за 20°C і при нагріванні до 60°C, бали не більше	2
Смак і присмак за 20°C, бали не більше	2
Колірність, градуси не більше	20
Каламутність за стандартною шкалою, мг/л не більше	1,0

Використання джерел водопостачання з більшим показником сухого залишку допускається лише за умови відсутності інших джерел за обов'язковими погодженням з органами санітарного нагляду. За О. О. Альокінім, для посушливих районів граничною нормою можна вважати такі градації мінералізації, г/л:

добра	до 1,0
задовільна	1,0 - 2,0
допустима	2,0 - 2,5
межа	2,5 - 3,0.

Але слід мати на увазі, що дуже мала мінералізація (до 100 мг/л) також погіршує якість води, а вода без солей взагалі вважається шкідливою, оскільки вона знижує осмотичний тиск у клітині. Це стосується Крайньої Півночі де використовується вода від танення

льодовиків. Тут низька мінералізація води й нестача в ній кальцію є загальною гігієнічною проблемою, що викликає необхідність збагачення води мінеральними солями. У таблиці 5.5 наведено порівняльну характеристику стандартів якості питної води в різних країнах. Вода, яка використовується у харчовій промисловості повинна мати ті самі властивості, що й питна.

Таблиця 5.5. - Порівняльна таблиця стандартів якості питної води різних країн за деякими компонентами, мг/дм³

Речовина	Стандарти питної води				
	Стандарт 2874-82	Стандарт 7525:2014	Міжнародні ВООЗ	Європейські	США
Берилій	0,0002	0,0002	-	-	-
Свинець	0,1	0,01	0,05	0,1	0,05
Молібден	0,5	0,07	-	-	-
Арсен	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05
Селен	0,001	0,01	0,01	0,05	0,01
Ціаніди	-	-	0,2	0,01	0,2
Фтор	0,7 – 1,5	0,7 – 1,5	1,0 - 1,5	1,5	0,7 - 1,7
Нітрати	45,0	50	45,0	50,0	45,0
Мідь	1,0	1,0	1,5	3,0	1,0
Цинк	5,0	1,0	15,0	5,0	5,0
Залізо	0,3	0,2	1,0	0,1	0,3
Хлориди	350,0	250,0	600,0	350,0	250,0
Сульфати	500,0	250,0	400,0	250,0	250,0
Мінералізація	1000	1000	1500	-	500

Окремі види промисловості висувають до води свої специфічні вимоги, пов'язані з технологією. Так у воді для цукрової промисловості мають бути відсутні гнильні речовини, які розкладаються у дифузорах. Загальний вміст солей повинен бути найменшим, оскільки підвищена концентрація солей утруднює варіння і кристалізацію цукру. Для пивоваріння необхідно щоб CaSO₄, який заважає бродінню солоду було у воді якнайменше. Вода для виробництва алкогольних напоїв не повинна містити хлористого магнію, хлористого кальцію, які шкідливо впливають на життєдіяльність дріжджів, такі самі вимоги ставляться до води у молочній, консервній та інших видах харчової промисловості.

Вода, яка використовується у сільському господарстві. Вода для тварин в основному має відповідати вимогам які ставлять до питної води, хоча до таких показників, як кольоровість, прозорість і запах вимоги можуть бути дещо зниженими. Температура води повинна знаходитись в межах 8 - 15 °С, допустимий ступінь мінералізації води в цілому визначається її смаковими якостями.

Вода для зрошення має містити незначну кількість мінеральних солей, оскільки в іншому разі виникає небезпека засолення ґрунту в результаті випаровування води та акумуляції солей, які в ній містяться. У той самий час допустимі величини мінералізації можуть змінюватися в широких межах залежно від умов поливу, дренажу, метео- і агротехнічних факторів. Вода з мінералізацією до 1 г/л є придатною для зрошення у всіх випадках. За поганих умов дренажу і слабо фільтруючих ґрунтах гранично допустимий вміст солей не повинен перевищувати 1,5 г/л.

Вимоги до хімічного складу води, що використовується для технологічних і теплообмінних процесів, та до якості очищеної води

Вода для охолодження виробленої продукції чи працюючих агрегатів має бути такою, щоб зменшити об'єм відкладів і не викликати корозію холодильного обладнання. Відклади у холодильних установках ускладнюють теплопередачу, зменшують переріз труб, знижуючи інтенсивність циркуляції води і тим самим перешкоджають охолодженню. Вода для охолодження не повинна містити великозернисту неорганічну суміш (пісок), яка здатна осідати в каналах холодильників і конденсаторах. Більш дрібні завислі речовини (мул, глина), хоч і осідають, але захоплюються утвореним накипом, що порушує умови теплообміну.

За використання для *прямотечійного охолодження води*, в якій багато органічних речовин, за температури стінок близько 30-40 °С виникає небезпека появи на конденсаторах парових турбін біологічних наростів, які складаються з бактерій, грибів, водоростей. У разі використання морської води можливі нарости черепашок мідій, мшанок та інших організмів. За оборотної системи водопостачання небезпека відкладів значно зростає, оскільки при нагріванні води, розбризкуванні її в градирнях і в басейнах кількість вуглекислоти зменшується. У результаті цього відбувається зсув вуглекислої рівноваги у бік утворення малорозчинного карбонату кальцію. А він відкладається на стінках труб по яких циркулює охолоджена вода.

Спеціальних норм, які регламентують якість води для охолодження немає оскільки її придатність залежить від цілого ряду факторів: температури води і охолоджуваної поверхні, карбонатної твердості, вмісту вільної вуглекислоти, завислих речовин, заліза, мікроорганізмів, системи водопостачання (пряма чи оборотна). Тому необхідну якість води для охолодження встановлюють у кожному конкретному випадку, виходячи з перелічених умов. Але в усіх випадках вода повинна мати, за можливості, найбільш низьку температуру, і в ній не повинні утворюватися сприятливі умови для розвитку біологічних наростів.

В умовах *оборотних систем* багаторазове підігрівання води до 40-45°C і охолодження її в градирнях чи бризкальних басейнах призводять до втрат оксиду карбону (IV) та відкладання на поверхнях теплообмінників і труб карбонату кальцію за реакцією



За сталої високої твердості оборотної води, зумовленої вмістом сульфату кальцію, випаровування води в циклі може призвести до перебільшення добутку розчинності карбонату кальцію (розчинність останнього із зростанням температури зменшується) та утворення міцних карбонатних відкладів, видалення яких з труб теплообмінників надзвичайно ускладнене. Швидкість відкладання карбонату кальцію та інших солей не повинна перевищувати 0,25 г/(м³·год). Така вода вважається термостабільною (товщина відкладів, що утворюються за годину, - 0,08 мм). Швидкість біологічних обростань, що допускається в теплообмінних апаратах та холодильниках, в оборотній воді повинна становити не більше як 0,07 г/(м²·год) (шар 0,05 мм за місяць) за сухою масою. Вода не повинна спричинювати корозію металу більшу ніж 0,09 г/(м²·год) (шар до 0,1 мм за рік).

У підживлювальній та оборотній воді обмежується також вміст завислих речовин. Грубозернисті неорганічні завислі речовини (пісок) осідають у пазухах холодильників, засмічують трубки конденсаторів, відкладаються на окремих ділянках трубопроводів, а малі часточки завислих речовин (мули, глинисті часточки), які самостійно не осідають у теплообмінній апаратурі, потрапляють до складу відкладів карбонату і сульфату кальцію, що утворюються і збільшують їхню міцність.

Вміст розчинених солей (лужних металів, магнію) в оборотній воді зростає пропорційно коефіцієнту її випаровування. При цьому зростає і корозійна активність води. Корозія металів теплообмінних систем у м'якій воді, яка містить розчинений кисень, істотно вища ніж у твердій воді такої самої мінералізації, що пов'язано з меншою буферною ємністю м'яких вод. За відсутності інгібіторів граничний вміст солей в оборотній воді не повинен перевищувати 2 кг/м³, хоча в окремих випадках мінералізація оборотної води досягає 3 кг/м³. Нарешті, для запобігання інтенсивному біологічному обростанню споруд і теплообмінних апаратів оборотних систем водопостачання в оборотній, а отже, і в підживлювальній воді треба обмежити вміст органічних речовин і сполук біогенних елементів (Нітрогену, Фосфору), які є живильним середовищем для мікроорганізмів, що вносяться в систему із свіжою водою.

Вимоги до якості води в охолодних системах оборотного водопостачання наведені в таблиці 5.6. Порівнюючи дані табл. 5.6, можна побачити, що, незважаючи на значні розходження оцінок граничних меж загальної твердості, солевмісту, концентрації завислих речовин, ці вимоги мають багато спільного в рекомендуванні таких найважливіших показників, як карбонатна жорсткість, значення рН, вміст біогенних елементів і значення ХСК, які визначають термостабільність та інтенсивність біообростання в оборотній системі [2].

Таблиця 5.6.- Вимоги до якості води в охолодних системах оборотного водопостачання [2]

Показник якості	Рекомендовані величини				
	Розроблені НДІ ВОДГЕО	В азотно-му виробництві	У хлорному виробництві	У країнах Східної Європи	У США
Температура, °С	25-40	28-30	25-30	25-28	-
Жорсткість загальна, моль/дм ³	6,5-8,5	1,5-2,5	5,5	<7	-
Жорсткість карбонатна, моль/дм ³	<2,5	1,5-2,5	<3	1,5-2,5	2,5-5,0
Лужність, мг екв/дм ³	3-4	-	2-4	2-4	2,5
Загальний солевміст, мг/дм ³	1300-2000	<1200	800-1200	<2000	500
Окислюваність перманганат на, мг О ₂ /дм ³	<20	<15	8-10	<2	-
ХСК, мг О ₂ /дм ³	<200	-	70	-	75
Завислі речовини, мг/дм ³	<50	20-30	10-20	10-20	5
Масла і речовини, що утворюють смолу, мг/дм ³	<20	0,3	0	<20	-
Хлориди (Сl ⁻ , мг/дм ³	150-300	До 350	150-300	До 350	500
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	350-500	>500	350-500	>500	200
Фосфати (в перерахунку на PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	-	>6	1,5-9,0	>12	-
Сполуки азоту (в перерахунку на аміак), мг/дм ³	6	>2,4	0,12-2,4	>36	-
Розчинений кисень, мг О ₂ /дм ³	-	-	6-8	6-8	-
Залишковий активний хлор, мг/дм ³	До 1,0	-	До 1,0	-	-
РН	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5

Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних апаратів оборотного водопостачання для підприємств хімічної промисловості наведені в таблиці 5.7. Звичайно, якщо для підживлення оборотних систем використовують замість свіжої очищені стічні води, вимоги до цієї води повинні повністю відповідати показникам, наведеним у табл. 5.7.

Таблиця 5.7.- Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних апаратів оборотного водопостачання в хімічній промисловості [2]

Показники якості	Для оборотної води	Величини, необхідні для підживлювальної води	
		Зі скиданням 8 % води (з продуванням)	Без скидання оборотної води (замкнений цикл)
Жорсткість карбонатна, моль/дм ³	2,5	2,0	0,9
Жорсткість постійна, моль/ дм ³	5,0	4,0	1,9
Загальний солевміст, мг/дм ³	1200	900	445
Хлориди (Cl ⁻), мг/дм ³	300	237	112
сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	350-500	277-395	119-187
Сума фосфору та азоту, мг/дм ³	3	2,4	1,1
Завислі речовини, мг/дм ³	30	23,6	11,2
Окислюваність перманганат на, мг O ₂ /дм ³	8-15	11,8-12,8	3-5,7
ХСК, мг O ₂ /дм ³	70	55	26
Масла і речовини, що утворюють смолу, мг/дм ³	0,3	0,25	0,10

Переведення оборотних систем водопостачання на режим, який не потребує стабілізаційного скидання оборотної води для “продування”, дає змогу зменшити об’єм води для підживлення систем не менш ніж у 3 рази і відповідно зменшити об’єм капітальних, а також експлуатаційних затрат на водопідготовку. Однак у безстічних “замкнених” оборотних системах водопостачання до води для підживлення, висуваються більш жорсткі вимоги.

Загалом організація замкненого циклу промислового водопостачання підприємства шляхом повернення очищених стічних вод не може обмежуватися використанням цих стічних вод в оборотних теплообмінних системах. Потреба у воді таких систем у багатьох галузях промисловості менша за об’єм усіх промислових і побутових стічних вод промислового вузла. Тому основна маса води споживається для технологічних або енергетичних процесів. До якості такої води вимоги, як правило, вищі, ніж до води оборотних систем водопостачання. У ряді хімічних, целюлозно-

паперових виробництв та в теплоенергетиці споживається в значній кількості вода, яка містить солей менше ніж $10-15 \text{ г/м}^3$, з твердістю, що не перевищує $0,01 \text{ моль/ м}^3$, і окислюваністю до $2 \text{ г О}_2/\text{м}^3$.

Найбільше розроблені і науково обґрунтовані вимоги до води, що використовується для живлення котлів. Для багатьох технологічних потреб немає точних науково обґрунтованих вимог до води, але така робота постійно здійснюється галузевими науково-дослідними установами. Деякі основні вимоги до води, що використовується для живлення котлів різних типів, основні показники якості води, що споживається в целюлозо-паперовій промисловості, виробництві хімічного волокна, хімічній та легкій промисловості, наведені в табл.5.8 [2].

Вода для паросилового господарства має бути вільною від домішок, які можуть спричиняти відклади накипу, винос солей з парою і корозію металу, тому важливою характеристикою є жорсткість води. Небезпека утворення накипу полягає в його малій теплопровідності. Це призводить до погіршення теплопередачі, перевитрати палива, підвищення температури (перегріву) метану, що викликає розриви на найбільш тепло напружених кип'ятильниках і екранних трубах. Крім того, накип порушує циркуляцію води у котлі і може повністю забити труби. Накип утворюється в результаті термічного розпаду бікарбонатів, а також збільшення концентрації інших розчинених у воді солей, що пов'язано з безперервним випаровуванням. А це, в свою чергу, призводить до осідання солей з розчину і відкладення їх на стінках котла.

Приклад розрахунку

Завдання: Зробити оцінку якості води для господарсько-питних потреб та для потреб промисловості, використовуючи дані табл.5.9. у вигляді таблиць 5.10-5.11.

Таблиця 5.8.- Вимоги, що висуваються до якості технічної води

Показники якості	Галузь використання								
	Котли жаротрубні (0,5-1,5 Мпа)	Котли високого тиску (5-10 Мпа)	Прямо струминні котли (10-15 Мпа) і прямоструминні надкритичного тиску (21,5-30 Мпа)	Целюлозно-паперова промисловість: отримання			Виробництво хімічних волокон	Хімічна промисловість	Текстильна промисловість
				Деревинної маси	Сировини невідбіленої	Целюлози невідбіленої			
Загальна жорсткість, моль/дм ³	0,35	0,35	0,003	-	5	5	0,035	0,012-0,05	<1,6
Лужність, моль/ дм ³	-	-	-	-	-	-	5,5	-	-
Вміст оксиду кремнію (IV), мг/дм ³	не. норм.	0,7	0,2	-	50	50	-	-	-
Міді, мг/дм ³	0,5	0,05	0,005	-	-	-	-	-	-
Мангану, мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	0,03	0,1	0.1
Заліза, мг/дм ³	1	0,05	0,01	0,3	1	0,1	0,05	0,1	0.1
Кисню, мг/дм ³	1	0,3	0,01	-	-	-	-	-	-
Нітратів і нітритів, мг/дм ³	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
pH	8-10	8-10	7-8,5	6-10	6-10	6-10	7-8	6,2-8,3	6.5-8.5
Кольоровість, град	-	-	-	-	-	-	<5	20	<25
Окислюваність, мг О ₂ /дм ³	-	-	-	-	-	-	<4	-	-

Таблиця 5.9. - Дані показників якості води р. Дунай

№ п/п	Показник якості	Одиниці вимірювання	Значення показника
1	рН	-	8.0
2	Завислі речовини	мг/ дм ³	33.0
3	Розчинений кисень	мг/ дм ³	19.88
4	БПК ₅	мг/ дм ³	8,31
5	Азот нітритів	мг/ дм ³	0.035
6	Азот нітратів	мг/ дм ³	16.5
7	Лужність	мг-екв/ дм ³	3.9
8	Сульфати	мг/ дм ³	100.61
9	Хлориди	мг/ дм ³	62,39
10	Загальна жорсткість	мг-екв/ дм ³	5,71
11	Калій + Натрій	мг/ дм ³	47,15
12	Кальцій	мг/ дм ³	69,15
13	Магній	мг/ дм ³	27,23
14	Кремній	мг/ дм ³	2,8
15	Залізо	мг/ дм ³	0,18
16	Фтор	мг/ дм ³	0,65
17	Нафтопродукти	мг/ дм ³	0,11
18	Сухий залишок	мг/ дм ³	462.0

Таблиця 5.10 – Оцінка якості води р. Дунай для господарсько-питного водопостачання

№ п/п	Показник якості	Одиниці вимірювання	Значення показника	ГДК	Сі/ГДК
1	РН	-	8.0	6,5-8,5	-
2	Завислі речовини	мг/дм ³	33.0	Фон+0,25	-
3	Розчинений кисень	мг/ дм ³	19.88	4	-
4	БПК ₅	мг/ дм ³	8,31	3,0	2,77
5	Азот нітритів	мг/ дм ³	0.035	1,0	0,035
6	Азот нітратів	мг/ дм ³	16.5	10	1,65
7	Лужність	мг-екв/ дм ³	3.9	6,5	-
8	Сульфати	мг/ дм ³	100.61	500	-
9	Хлориди	мг/ дм ³	62,39	350	-
10	Загальна жорсткість	мг-екв/ дм ³	5,71	7,0	-
11	Калій +натрій	мг/ дм ³	47,15	200	-
12	Кальцій	мг/ дм ³	69,15	Не норм.	-
13	Магній	мг/л	27,23	Не норм.	-
14	Кремній	мг/ дм ³	2,8	10	-
15	Залізо	мг/ дм ³	0,18	0,3	-
16	Фтор	мг/ дм ³	0,65	1,5	-
17	Нафтопродукти	мг/ дм ³	0,11	0,05	2,2
18	Сухий залишок	мг/ дм ³	462.0	1000	-

Висновок: вода не придатна господарсько-питного водопостачання тому, що значення БПК₅, азот нітритів, азот нітратів, нафтопродукти перевищують ГДК.

Таблиця 5.11.- Оцінка дотримання вимоги до якості води в охолодних системах оборотного водопостачання

Показник якості	Ci	В азотному виробництві	Ci/Bi
Температура, °C	25	28-30	0,89
Жорсткість загальна, мг-моль/ дм ³	5,71	1,5-2,5	2,28
Загальний солевміст, мг/ дм ³	554,84	<1200	-
Завислі речовини, мг/дм ³	33,0	20-30	1,1
Хлориди (Cl ⁻), мг/ дм ³	62,39	До 350	-
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/ дм ³	100,61	>500	-
pH	8,0	6,5-8,5	-

Висновок: вода не придатна для її використання в охолодних системах оборотного водопостачання в азотному виробництві тому, що не дотримуються вимоги за вмістом завислих речовин, та значенню жорсткості. Але її можна довести до потрібного стандарту за умов фільтрування води, обробки содою та підігріву.

5.2 Завдання для самостійної роботи

Зробити оцінку якості води для господарсько-питних потреб та для потреб промисловості за варіантом, використовуючи дані табл.5.9. Одержані результати представити у вигляді таблиць 5.10-5.11.

Таблиця 5.12. – Вихідні дані

Показники якості	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Розчинений кисень, мг/дм ³	10,98	9,0	8,45	6,92	6,53	7,86	9,5	8,2	5,98	8,51	8,26	7,39	6,9	7,2	6,92	6,53	7,86	9,5
БПК ₅ , мг/дм ³	2,33	3,94	1,98	2,70	1,54	2,20	0,65	1,0	2,14	0,9	0,7	0,96	0,84	0,76	2,20	0,65	1,0	2,14
рН	8,31	8,1	8,24	8,05	8,14	8,11	8,2	8,33	7,95	7,98	7,96	8,22	7,95	7,97	8,24	8,05	8,14	8,11
Завислі речовини, мг/дм ³	138	43,1	49,1	3,10	2,2	185	1,48	130	65	43,5	43,8	159	23	54	3,10	2,2	185	1,48
ХПК	38,2	9,15	12,4	14,6	24,5	23,4	10,0	32,9	15,0	11,2	10,3	32,9	15,0	13,0	21,1	11,3	12,1	14,5
Азот нітритів, мг/дм ³	0,03	0,024	0,007	0,087	0,027	0,0234	0,076	0,025	0,009	0,004	0,057	0,068	0,01	0,004	0,087	0,027	0,0234	0,076
Азот нітратів, мг/дм ³	2,82	1,74	0,71	0,90	0,76	0,92	2,40	1,47	1,40	1,56	0,75	1,2	0,92	1,43	1,40	1,56	0,75	1,2
Азот амонійний, мг/дм ³	0,248	0,45	0,33	0,28	0,27	0,374	0,35	0,396	0,37	0,15	0,084	0,354	0,321	0,326	0,28	0,27	0,374	0,35
Фосфор загальний, мг/дм ³	0,129	0,210	0,083	0,068	0,088	0,09	0,14	0,074	0,082	0,094	0,104	0,12	0,082	0,94	0,09	0,14	0,074	0,082
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,009	0,037	0,038	0,017	0,014	0,031	0,32	0,013	0,081	0,054	0,203	0,20	0,081	0,049	0,017	0,014	0,031	0,32
Мінералізація, мг/дм ³	423	374	293	279	263	294	268	311	297	305	282	254	309	271	294	268	311	297
Прозорість, см	4,0	6,0	5,0	14,0	14,0	2,0	20,0	4,0	15,0	12,3	7,5	3,0	5,0	11,0				
Кольоровість, град	28	0	27	30	24	30	19	25	20	24	25	26	30	28	27	24	22	23
Окислюваність перманганатна, мг/дм ³	3,5	3,4	4,32	3,36	5,68	3,28	7,2	6,5	7,52	4,0	3,8	5,14	7,5	4,0	3,5	3,4	4,32	3,36
Лужність, мг-екв/ дм ³	3,1	3,31	2,30	2,37	2,20	2,35	3,50	2,70	2,57	2,56	2,83	2,85	3,14	2,65	3,1	2,6	2,89	3,11
Жорсткість, екв/ дм ³	4,1	4,2	3,2	3,0	3,15	3,2	5,5	3,58	3,47	3,43	3,65	3,76	3,2	3,4	3,5	4,0	3,6	2,9
Сульфати, мг/ дм ³	48,66	41,1	43,0	35,0	34,77	46,09	86,0	36,6	39,2	44,3	44,5	53,1	42,3	45,1	38,2	30,6	45,3	41,0

Продовження таблиці 5.12

Показники якості	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Хлориди, мг/ дм ³	32,4	33,1	30,0	23,9	24,1	24,7	22,0	37,3	24,9	24,1	23,3	32,5	26,1	23,8	22,7	30,1	26,3	24,3
СПАР, мг/ дм ³	0,072	0,054	0,123	0,165	0,071	0,140	0,020	0,016	0,138	0,157	0,187	0,201	0,231	0,189	0,154	0,135	0,162	0,124
Кальцій, мг/ дм ³	58,1	60,1	46,1	46,1	44,97	43,1	60,0	50,9	47,5	48,1	51,4	50,8	46,3	45,9	40,7	52,3	61,0	62,4
Магній, мг/ дм ³	14,6	14,6	11,0	8,50	11,1	11,0	30,0	12,7	13,4	12,5	13,6	14,8	13,2	11,5	12,1	16,4	13,3	15,2
Натрій і калій, мг/ дм ³	23,0	23,0	20,0	14,0	23,0	22,0	16,0	15,0	18,0	20,0	15,0	28,0	24,0	19,0	16,0	14,0	19,0	20,1
Залізо, мкг/ дм ³	50	72	36	18	12	13	50	60	12	79	34	3	79	35	36	45	30	51
Мідь, мкг/ дм ³	10	25	40	10	11	5	6	8	4	9	5	6	4	6	10	11	9	5
Хром (IV), мкг/ дм ³	0,5	0,6	0,4	1,3	2,1	0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	1,1	1,0	0,8	0,9	1,0	1,2	0,8	0,7
Фосфати мкг/ дм ³	255	268	152	108	98	20	40	126	176	218	202	85	178	218	113	96	52	113
Феноли, мкг/ дм ³	0,5	0,4	1,4	1,1	1,6	3,6	0,9	0,7	2,0	3,1	2,2	2,1	2,3	3,1	0,9	1,6	2,4	3,1

Питання самоконтролю

1. Які документи регламентують показники якості води для її використання у будь-яких цілях?
2. Які умови придатності води для господарсько-питного водопостачання?
3. Чим визначаються смакові якості води?
4. Які особливості вимог до використання води у технологічних процесах?
5. За рахунок чого в оборотних системах утворюються відкладення на поверхні теплообмінників?
6. Вміст яких речовин нормується у воді для підживлення оборотних систем у першу чергу?
7. Чим відрізняються вимоги до води для підживлення води зі скиданням з продуванням та без скидання?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт

Вибрати всі правильні відповіді

1. **Умовами придатності води для господарсько-питного водопостачання є:**

1. Гарний смак.
2. Температура 40°C
3. Наявність сполук хрому
4. Відсутність мікроорганізмів.

2. **Вміст яких речовин нормується у воді для підживлення оборотних систем у першу чергу?**

1. Завислі речовини
2. Температура води.
3. Вміст солей.
4. Вміст нафтопродуктів.

3. **Особливості вимог до використання води у технологічних процесах полягають у:**

1. Системі водопостачання.
2. Погодних умовах.
3. Особливостях технологічних процесів.
4. Кількості води, що використовується.

6 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ ВОДИ І СКЛАДУ СПОРУД

6.1 Загальні положення

Метод обробки та необхідний для цього склад очисних споруд встановлюється в залежності від якості води у джерелі, виробництва станції і місцевих техніко-економічних умов.

Обробка води без використання коагулянту можлива тільки при кольоровості її в джерелі водопостачання до 50 град і за витрати води до 3000 м³/діб. Обробка води з використанням коагулянтів проводиться за будь-якої кольоровості в джерелі водопостачання і незалежно від виробництва водоочисної станції.

Приблизний склад технологічних споруд освітлення та позбавлення кольору води представлений у таблиці 6.1.

При вмісті у вихідній воді планктону більше 1000 кл/мл, слід встановлювати мікрофільтри.

Кількість завислих речовин, указана в табл. 6.1, включає в себе і завислі речовини, що утворюються за рахунок введення реагенту (коагулянту, вапна).

Відстійники, як вертикальні, так і горизонтальні і освітлювачі із шаром завислого осаду слід застосовувати при кількості завислих речовин у вихідній воді не менш 50 мг/дм³. Освітлювачі із шаром завислого осаду можна застосовувати тільки при рівномірній подачі води на очисні споруди і за відсутності різких коливань температур води впродовж доби.

Вибір складу очисних споруд слід проводити на розрахунковий період, а не на першу чергу будівництва, збільшення виробництва водоочисної станції може викликати змінення в наборі основних споруд.

Прийнятий на основі таблиці 6.1 приблизний склад основних технологічних споруд є орієнтовним. Його уточнення відбувається техніко-економічним розрахунком при порівнянні варіантів.

В залежності від якісних показників води в джерелі водопостачання можуть використовуватись різні способи хімічної обробки води, перелік яких представлений в таблиці 6.2.

Приклад розрахунку

Завдання: Визначити метод обробки води і склад очисних споруд на основі даних, наведених в таблиці 6.2. За табл. 6.1 та першими трьома варіантами можна прийняти реагентний метод обробки води для всіх трьох випадків.

Склад очисних споруд: 1-й варіант – освітлювачі із шаром завислого осаду, швидкі фільтри; 7-й варіант – контактні освітлювачі; 3-й варіант – горизонтальні відстійники, швидкі фільтри.

Таблиця 6.1- Приблизний склад основних технологічних споруд станції освітлення та позбавлення кольору води

Склад основних споруд	Умови переважного використання		
	Якість вихідної води		Виробництво станції, м ³ /діб
	Завислі речовини, мг/ дм ³	Кольоровість, град	
<i>Обробка води з використанням коагулянтів</i>			
Прямотечійні фільтри: Напірні фільтри Відкриті фільтри Грубозернисті фільтри для часткового висвітлення	До 50 До 30 До 150	До 80 До 50 До 150	До 3000 Будь-яка Будь-яка
Контактні освітлювачі	До 150	До 150	Будь-яка
Вертикальні відстійники та швидкісні фільтри	До 2500	Будь-яка	До 3000
Освітлювачі із завислим осадом та швидкісні фільтри	До 2500	Будь-яка	До 3 000
Горизонтальні відстійники та швидкісні фільтри	До 2500	Будь-яка	До 30 000
Двосходинне відстоювання та швидкісні фільтри	Більше 2500	Будь-яка	Будь-яка
<i>Обробка води без застосування коагулянту</i>			
Повільні фільтри з видаленням піску при регенерації	До 50	До 50	До 1000
без видалення піску при регенерації	До 700	До 50	До 30 000
Префільтри і повільні фільтри без видалення піску при регенерації	До 1000	До 150	До 30 000

Таблиця 6.2. - Способи обробки води

Показники якості води в джерелі	Спосіб хімічної обробки води	Рекомендовані реагенти
Каламутність	Коагулювання. Обробка флокулянтами	Коагулянти: сірчаноокислий алюміній, хлорне залізо. Флокулянти: поліакриламід; активована кремнієва кислота
Кольоровість, підвищений вміст органічних речовин і планктону	Попереднє хлорування. Коагулювання. Обробка флокулянтами. Озонування.	Рідкий хлор, хлорне вапно, коагулянти, активована кремнієва кислота, озон
Низька лужність, що ускладнює коагуляцію	Підлужування	Вапно, сода
Нестабільна вода з від'ємним індексом насичення	Підлужування, фосфатування	Вапно, сода, гексаметафосфат або триполіфосфат натрію
Нестабільна вода з позитивним індексом насичення	Підкислення, фосфатування	Кислоти(сірчана, соляна). Гексаметафосфат або триполіфосфат натрію
Присмаки і запахи	Вуглевання. Попереднє хлорування. Попереднє хлорування з амонізацією. Обробка перманганатом калію. Озонування.	Активоване вугілля, рідкий хлор, хлорне вапно. Аміак. Перманганат калію. Озон.
Бактеріальне забруднення	Хлорування, озонування	Рідкий хлор. Хлорне вапно, гіпохлорити, озон, аміак.
Нестача фтору (менш 0,5 мг/ дм ³)	Фторування	Фтористий або кремнефтористий натрій, кремнефтористий амоній, кремнефтористоводна кислота.
Надлишок фтору (більш 1,5 мг/ дм ³)	Знефторування	Активованій окис алюмінію.
Надлишок заліза (більш 0,3 мг/ дм ³)	Аерація. Хлорування. Підлужування. Коагулювання. Обробка перманганатом калію. Катіонування.	Рідкий хлор. Вапно, сода. Коагулянти. Перманганат калію, катіоніти.

6.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити метод обробки води і склад очисних споруд на основі даних, наведених в таблиці 6.3. З використанням таблиць 6.1-2 для безреагентної та реагентної обробки води.

Таблиця 6.3 - Вихідні дані

Основні показники	В а р і а н т и									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробництво станції (з урахуванням особових потреб), м ³ /діб	23000	6000	10000	15000	100000	30000	200000	600000	100000	800000
Каламутність, мг/ дм ³	300	100	120	150	200	145	80	450	100	220
Кольоровість, град	50	60	70	80	90	55	70	50	80	60
Смак, бал	3	1	2	4	2	3	2	2	3	2
Запах, бал	2	5	4	1	2	3	3	2	2	3
pH	6,5	6,6	7,5	8,0	7,2	6,9	7,5	8,0	7,0	8,0
Лужність, мг-екв/ дм ³	0,2	0,3	0,4	0,5	0,61	0,55	0,2	0,95	0,45	0,30
Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Карбонатна жорсткість, мг-екв/ дм ³	0,2	0,31	0,24	0,25	0,36	0,12	0,2	0,94	0,44	0,28
Залізо, мг/ дм ³	0,35	0,12	0,26	0,30	0,47	0,51	0,30	0,35	0,45	0,4
Фтор, мг/ дм ³	0,80	0,5	0,61	0,45	0,35	0,38	0,40	0	0,25	0,36
Мінеральний залишок, мг/ дм ³	300	550	420	350	480	500	400	250	260	400
Колі-індекс	60	40	30	20	50	30	40	30	20	40

Питання самоперевірки

1. Які чинники є основними при виборі методів обробки води?
2. Які переваги має обробка коагулянтами?
3. Що таке «фільтрування»?
4. Що таке «суспензія» ?
5. Яка різниця між напірними та відкритими фільтрами?
6. Як рухається вода у вертикальному відстійнику, за рахунок яких сил відбувається очищення води?
7. Що таке «префільтри», де вони розміщуються?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт

Вибрати всі правильні відповіді

1. **Перевагами обробки коагулянтами є:**
 1. Повільне фільтрування.
 2. Швидке фільтрування.
 3. Ефективне фільтрування.
 4. Насичення води солями.
2. **«Суспензія» це:**
 1. Тверда речовина.
 2. Суміш твердих речовин.
 3. Суміш твердої та рідкої речовини.
 4. Суміш рідких речовин.
3. **Вибір споруди для очистки залежить від:**
 1. Погодних умов.
 2. Кількості води водопостачання.
 3. Кількості реагентів у воді.
 4. Смакових якостей води.

7 РОЗРАХУНОК ДОЗ РЕАГЕНТІВ

7.1 Загальні положення

Розрахункові дози реагентів встановлюються на основі технологічних досліджень по аналогії з водоочисною станцією, що працює в подібних умовах.

Для орієнтовних розрахунків при розробці проекту максимальні і середньорічні дози реагентів, що випускаються зараз промисловістю, допускається визначати за наведеними нижче даними.

Дозу безводного коагулянту в розрахунку на $Al_2(SO_4)_3$ (сірчаноокислий глинозем), для каламутних вод визначають за завислими речовинами (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. – **Визначення доз коагулянту**

Вміст у вихідній воді завислих речовин, мг/ дм ³	Доза безводного сірчаноокислого алюмінію або хлорного заліза, мг/ дм ³
До100	25-35
101-200	30-45
201-400	40-60
401-600	45-70
601-800	55-80
801-1000	60-90
1001-1400	65-105
1401-1800	75-115
1801-2200	80-125

Менші значення доз коагулянту відносяться до вод, що містять грубодисперсну завись.

Для кольорових вод доза коагулянту D_k в розрахунку на безводний продукт визначається за формулою:

$$D_k = 4\sqrt{K} \quad , \quad (7.1)$$

де K – кольоровість вихідної води в градусах платиново-кобальтової шкали.

При одночасному вмісті у воді джерела водопостачання речовин, що обумовлюють кольоровість і каламутність, приймається більша з доз, що визначаються за завислими речовинами і за формулою 7.1.

В доповнення до основних коагулянтів для інтенсифікації процесу коагуляції застосовуються *флокулянти*. Найбільш розповсюджені флокулянти – поліакриламід (ПАА) і активований силікат натрію.

Розрахункова доза ПАА при введенні його перед відстійниками і освітлювачами зі завислим осадом повинна прийматись у відповідності до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2. – Доза поліакриламід у залежності від вмісту у воді джерела завислих речовин і кольоровості

Вміст завислих речовин, мг/ дм ³	Кольоровість води, град	Доза безводного поліакриламід у, мг/ дм ³
10000-501	-	1,0-0,4
500-101	20-60	0,6-0,4
100-10	30-100	1,0-0,6
10	50	1,5-1

При введенні поліакриламід у перед фільтрами – 0,05-0,1 мг/ дм³.

При введенні перед контактними освітлювачами і прямотечій ними фільтрами – 0,4-0,6 мг/ дм³.

Доза активної кремнієвої кислоти (АК) в перерахунку на SiO₂ приймається в залежності від місця введення її:

перед відстійниками і освітлювачами із завислим осадом при температурі більше 5-7°C – 2-3 мг/ дм³, при температурі нижче 7°C – 3-5 мг/ дм³;

перед фільтрами 0,2-0,5 мг/ дм³;

перед контактними освітлювачами і прямотечійними фільтрами 1,0-3,0 мг/ дм³.

Якщо джерелом водопостачання служать поверхневі води, хлорування води слід починати в два етапи: попереднє хлорування (для висвітлення води) перед надходженням її на очисну станцію і для знезараження її після фільтрів.

Доза хлорвмісних реагентів (по активному хлору) при попередньому хлоруванні приймається у межах 3-6 мг/ дм³, а при обробці води з метою знезараження 2-3 мг/ дм³.

Якщо у воді джерела водопостачання спостерігаються сліди фенолу, то щоб у хлорованій воді не з'явилися хлорфенольних запахів і присмаків слід перед введенням у воду хлору вводити також аміак або амонійні солі з розрахунку 20-255 по відношенню до дози хлору.

При недостатній лужності води сірчаноокислий алюміній не утворює гідроокси і, тому, не відбувається процес коагуляції. В цьому випадку слід підлужувати. Підлужування води проводиться содою, їдким натром або вапном.

Доза підлужувального реагенту, мг/л приймається за формулою:

$$D_{щ} = (D_k / e_k - Щ_0 + 1) K, \quad (7.2)$$

де Щ₀ – лужність води, мг-екв/дм³;

D_k – максимальна доза сірчанокиислового алюмінію, мг/дм³;
К – коефіцієнт, який дорівнює для:

- вапна – 28;
- їдкого натру – 40;
- соди – 53;

e_k – еквівалентна вага безводного коагулянту мг-екв/дм³:
Al(SO₄)₃ – 57;
FeCl₃ – 54;
Fe₂(SO₄) – 67.

У випадку, коли концентрація фтору у води джерела водопостачання дорівнює менш 0,5 мг/дм³ необхідно передбачити фторування води. Фторування здійснюється фтористим алюмінієм.

Доза фторвмісного реагенту , мг/дм³, розраховується за формулою:

$$D_{\phi} = \frac{(m \cdot a - F^-) \cdot 10^4}{K \cdot C_{\phi}}, \quad (7.3)$$

m – коефіцієнт, що враховує втрати фтору в залежності від місця введення реагенту: при введенні фторвмісного реагенту після очистки $m = 1$; перед швидкими фільтрами або контактними освітлювачами $m = 1,1$;
 a – необхідна концентрація фтору у питній воді 0,7-1,5;
 F^- – вміст фтору в питній воді;
 K – вміст фтору в реагенті за таблицею (7.5);
 C_{ϕ} – вміст чистої речовини в технічному продукті, %, дорівнює 99,0%.

Подачу реагентів уводу, що обробляється назначається у таких місцях:

- хлорвмісні реагенти (при попередньому хлоруванні) у трубопроводі, що всають воду на водозабірній насосній станції I-го підйому, в напірні трубопроводи, які подають воду на водоочисну станцію, при наявності у воді фенолів аміак належить вводити у воду раніш хлору;
- коагулянт у трубопроводі перед змішувачем або безпосередньо у змішувач;
- реагент для підлужування води слід вводити одночасно з коагулянтом;
- флокулянти вводяться через 2-4 хвилини після введення коагулянту;
- фтор вводится після очисних споруд або перед швидкими фільтрами.

Приклад розрахунку

Завдання : Визначити необхідну кількість реагентів для обробки питної води з урахуванням якості та вихідних даних (Табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Показники якості води

Показник	Значення показника
Виробництво станції, м ³ /діб	100 000
Мутність, мг/ дм ³	100
Кольоровість, град	80
Смак, бал	3
Запах, бал	2
pH	7,0
Лужність, мг-екв/ дм ³	0,45
Загальна жорсткість, мг-екв/ дм ³	6
Карбонатна жорсткість, мг-екв/ дм ³	0,44
Залізо, мг/ дм ³	0,45
Фтор, мг / дм ³	0,25
Мінеральний залишок, мг/ дм ³	260
Колі-індекс	2,0

Доза безводного коагулянту визначається за таблицею 7.1

$$D_k = 35 \text{ мг/ дм}^3;$$

За формулою 7.1 $D_k = \sqrt{80} = 8,94 \text{ мг/ дм}^3$. Таким чином, для обробки води необхідно 35 мг/л сірчаноокислого глинозему.

За таблицею 7.2 доза поліакриламід у складає 0,4 мг/ дм³.

Доза підлужування визначається за формулою 7.2

$$D_{лж} = (35/57 - 0,45 + 1) 28 32,59 \text{ мг/ дм}^3.$$

Доза реагенту для фторування дорівнює (7.3):

$$D_f = [1,1 \cdot 1,4 - 0,25] \cdot 100/45 \cdot 100/94 = 3,29 \text{ мг/ дм}^3.$$

7.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити необхідну кількість реагентів для обробки питної води з урахуванням якості та вихідних даних (Табл. 7.4).

Таблиця 7.4 – Вихідні дані

Показник	1	2	3	4	5
Виробництво станції, м ³ /діб	100 000	20 000	300 000	15 000	30 000
Мутність, мг/ дм ³	100	150	120	90	75
Кольоровість, град	80	60	78	45	95
Смак, бал	3	4	2	5	1
Запах, бал	2	1	3	2	4
pH	7,0	6,8	8,0	7,5	6,9
Лужність, мг-екв/л	0,45	0,56	0,36	0,40	0,50
Загальна жорсткість, мг-екв/л	6	5	4	6	3
Карбонатна жорсткість, мг-екв/ дм ³	0,44	0,34	0,35	0,54	0,62
Залізо, мг/ дм ³	0,45	0,51	0,37	0,42	0,61
Фтор, мг/ дм ³	0,25	0,34	0,42	0,51	0,24
Мінеральний залишок, мг/ дм ³	260	289	345	269	453
Колі-індекс	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0

Таблиця 7.5 - Вміст фтору в реагентах (К)

Реагент	К, %
Na ₂ SiF ₆	60,0
NaF	45,0
(NH ₄) ₂ SiF ₆	64,0

Питання самоперевірки

1. Чим визначаються дози реагентів?
2. Які основні реагенти використовуються для водоочистки?
3. Яку роль виконують флокулянти?
4. Яку роль виконують коагулянти?
5. На яких етапах водоочистки проводиться хлорування?
6. Який ефект має хлорування?
7. У яких випадках проводиться підлужування води?
8. З якою метою проводиться фторування питної води?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт

Вибрати всі правильні відповіді

1. **Доза реагенту визначається:**
 1. Джерелом водопостачання.
 2. Призначенням води.
 3. Показниками якості води.
 4. Кількістю води на очистку.
2. **Флокулянти використовуються з метою:**
 1. Знезараження води.
 2. Освітлення води.
 3. Дезодорації води.
 4. Збільшення кількості води.
3. **Фторування проводиться з метою:**
 1. Доведення його вмісту до рівня ГДК.
 2. Дезодорації води.
 3. Доведення його до гігієнічних норм.
 4. Підготовки води до подальшої обробки.

8 ОЦІНКА ВІНОСУ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ПОВЕРХНЕВИМ СТОКОМ З УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

8.1 Загальні положення

Поверхневий стік включає дощові, снігові та поливочні стічні води. Він буває організованим та неорганізованим. Організований поверхневий стік збирається з водозбірної території спеціальними лотками та каналами і надходить у мережу каналізації або прямо у водний об'єкт через випуски зливових вод. Неорганізований поверхневий стік стікає у водний об'єкт за рельєфом місцевості.

Основні джерела забруднення поверхневого стоку на міських територіях є:

- сміття з поверхні покриття;
- продукти руйнувань дорожніх покриттів;
- продукти ерозії ґрунтових поверхонь;
- викиди у атмосферу промисловими підприємствами, автотранспортом, опалювальними системами;
- виливи нафтопродуктів на поверхню покриття;
- втрати сипучих та рідких продуктів, сировини, напівфабрикатів;
- ділянки для збору побутового сміття.

Формування поверхневого стоку відбувається під впливом комплексу природних (атмосферні опади, випаровування, фільтрація. Затримання вологи рослинами) і антропогенних (використання водозбірної території, застосування штучних покриттів, технологія миття покриттів) факторів.

Контроль якості поверхневого стоку здійснюється шляхом аналізу проб, які відбирають з дощової або промислово-дощової мережі. Для дощових вод інтервал між відбором проб на початку дощу дорівнює 5-10 хвилин, а в наступний період 20-30 хвилин. Для снігових вод проби відбираються у НДІ сніготанення між 12 і 14 годинами з інтервалом в 30 хвилин.

Оцінку вносу речовин з поверхневим стоком роблять на підставі орієнтовних даних про склад та кількість поверхневого стоку. Кількість дощових та снігових залежить від кількості опадів і характеристики водозбірної території. Для урахування втрат поверхневого стоку (за рахунок фільтрації, випаровування) використовується коефіцієнт стоку (ψ). Цей коефіцієнт дорівнює відношенню кількості води, яка стікає з поверхні у водний об'єкт з одиниці площі в одиницю часу, до кількості опадів на одиницю площі. Його величина для поливомийочних вод приймається 0,6, значення для основних типів поверхонь наведені в таблиці.

Значення коефіцієнту стоку для водозбірної території розраховується як середньозважене для всієї площі за формулою:

$$\Psi = \sum \psi_i \alpha_i \quad , \quad (8.1)$$

де α – вагові коефіцієнти, які дорівнюють за величиною відношенню площі, яку займаю в даним видом покриття, до загальної площі;

ψ_i - коефіцієнт стоку для різних видів покриття.

Таблиця 8.1 . - Значення коефіцієнту стоку об'єкт

Вид поверхні	Величина коефіцієнту стоку	
	Дощовий стік	Сніговий стік
Забудовані території	0,6	0,6
Парки, гравійні покриття	0,3	0,6
Водонепроникні поверхні	0,7	0,94
Грунтові поверхні	0,2	0,6
Газони	0,1	0,2

Об'єм снігових вод за рік розраховується за формулою:

$$W_c = 10 \cdot \psi_c \cdot F \cdot H_c, \quad (8.2)$$

де ψ_c – коефіцієнт стоку снігових вод;

F – площа водозбірної території, га;

H_c – шар опадів за холодний період року, мм.

Об'єм полив очних стічних вод визначається за формулою:

$$W_{nm} = 10 \cdot m \cdot k \cdot \psi_{nm} \cdot F_m, \quad (8.3)$$

де ψ_{nm} – коефіцієнт стоку поливочних вод;

F_m – площа водозбірної території, яка миється га;

m – розхід води на мийку одиниці площі, л/м²;

k – кількість мийок за рік.

Значення всіх параметрів, входять в цю формулу, визначається у відповідності до таких нормативів:

- на мийку одиниці площі витрачається від 1,2 до 1,5 літрів води;
- кількість мийок для умов міста складає від 50 до 150 за рік;
- площа покриття, яка потребує миття, дорівнює 20% від загальної території.

Якщо на водозбірній території розташовані великі парки або ділянки лісних масивів, з'являється ефект затримання частини атмосферних опадів рослинним покривом. В цьому випадку кількість затриманих опадів виконується за абсолютними нормами затримання, що наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Абсолютні норми затримання атмосферних опадів деревинною рослинністю

Вид рослинності	Шар затриманих атмосферних опадів Нз, мм											
	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвойний ліс	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10
Листяний ліс	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2

Шар атмосферних опадів коректується за величиною затриманих опадів з урахуванням відношень площ, які зайняті різними видами дерев, і всієї водозбірної площі. Об'єм дощових стічних вод за рік визначається за формулою:

$$W_d = 10 \cdot \psi_d \cdot F \cdot (H_d - H_z), \quad (8.4)$$

Загальний об'єм поверхневого стоку з водозбірної території за рік визначається як сума складових:

$$W = W_d + W_c + W_{nm}, \quad (8.5)$$

Сумарне значення річного виносу речовини з поверхневим стоком розраховується як:

$$G = C_d W_d + W_c C_c + W_{nm} C_{nm}, \quad (8.6)$$

де C_d , C_c , C_{nm} – концентрації речовин у дощових, снігових і поливочних стічних водах відповідно, г/м³. Їх можна визначити за таблицями 8.3-5.

Таблиця 8.3. – Осереднені показники складу поверхневого стоку з території міста

Показник	Концентрація стічних вод, г/м ³		
	Дощові води	Снігові води	Поливочні води
Завислі речовини	1500	3000	4000
Мінеральний склад	300	0	-
ХПК	500	450	320
БСК	75	200	200
Нф	13	35	40

Таблиця 8.4. – Середній вміст завислих речовин у поверхневому стоці з території міста в залежності від характеристики водозбірного басейну

Характеристика водозбірного басейну	Вміст завислих речовин, г/м ³		
	Дощовий стік	Сніговий стік	Поливочний стік
Сучасна житлова забудова	1300	2500	3000
Недостатньо благоустроєна територія з перевагою садибної забудови	2100	2000	-
Центральні благоустроєні райони міста з інтенсивним рухом	910	3000	3500
Райони , які включають крупні промислові підприємства і житлові квартали	1850	4000	4500
Будівельні ділянки, житлові райони на території, яка піддається ерозії	5000	6000	5500

Таблиця 8.5. – Усереднені показники складу дощового стоку з території промислових підприємств

Показник	Вміст у дощовому стоці з території підприємств, г/м ³	
	1-ї групи	2-ї групи
Завислі речовини	1500	3000
Нф при інтенсивному русі автотранспорту	55	150
Для нафтової галузі	450	500
Мінеральний склад	350	400

Приклад розрахунку

Завдання: Визначити винос завислих речовин з території міста (сучасна забудова) поверхневим стоком з урахуванням, що:

- площа міської забудови – 23 тис.га;
- сума снігових опадів – 133 мм;
- сума дощових опадів – 230 мм;
- кількість мийок – 1;
- розхід води на мийку – 1,5 л/м²;
- площа відповідно типам покриттів , дол.один. – 1- 0,25;
- -2- 0,1;
- -3- 0,05;
- -4- 0,33;
- -5- 0,27.

Значення коефіцієнту стоку для водозбірної території розраховується як середньозважене для всієї площі за формулою (8.1):

$$\Psi_d = (0,6 \cdot 0,25 + 0,3 \cdot 0,1 + 0,7 \cdot 0,05 + 0,2 \cdot 0,33 + 0,1 \cdot 0,27) = 0,308,$$

$$\Psi_c = (0,6 \cdot 0,25 + 0,6 \cdot 0,1 + 0,94 \cdot 0,05 + 0,6 \cdot 0,33 + 0,2 \cdot 0,27) = 0,509.$$

Об'єм снігових вод за рік розраховується за формулою (8.2):

$$W_c = 10 \cdot 0,509 \cdot 23000 \cdot 230 = 26\,926\,100.$$

Об'єм полив очних стічних вод визначається за формулою (8.3):

$$W_{пм} = 10 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 4600 = 41\,400.$$

Шар атмосферних опадів коректується за величиною затриманих опадів з урахуванням відношень площ, які заняті різними видами дерев, і всієї водозбірної площі. Об'єм дощових стічних вод за рік визначається за формулою: $W_d = 10 \cdot 0,308 \cdot 23\,000 \cdot (133 - 70) = 4\,462\,920$.

Загальний об'єм поверхневого стоку з водозбірної території за рік визначається як сума складових:

$$W = 26\,926\,100 + 41\,400 + 4\,462\,920 = 34\,430\,420 \text{ м}^3.$$

Сумарне значення річного виносу речовини з поверхневим стоком розраховується як:

$$G = 1300 \cdot 26\,926\,100 + 2500 \cdot 41\,400 + 3000 \cdot 4\,462\,920 = 48,5 \text{ т}.$$

8.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити винос забруднюючих речовин з території міста поверхневим стоком з урахуванням типів покриттів та площ використання території. Вихідні дані надані у таблиці 8.6.

Таблиця 8.6. Вихідні дані

Варіант	Площа міста, тис. га	Сума опадів, мм		Кількість мийок	Розхід води на одну мийку. л/м ²
		дощові	снігові		
1	120	120	200	200	1,2
2	130	123	250	212	1,3
3	140	124	225	231	1,4
4	125	135	230	251	1,5
5	138	220	215	168	1,2
6	154	200	320	187	1,3
7	168	245	300	193	1,4
8	147	260	250	125	1,5
9	198	190	240	136	1,2
10	154	240	260	124	1,3
11	234	300	305	119	1,4
12	2651	320	230	173	1,5
13	265	260	210	200	1,2
14	321	250	200	205	1,3
15	341	400	240	193	1,4
16	351	290	300	186	1,5
17	421	310	165	210	1,2
18	220	305	200	220	1,3
19	210	275	240	234	1,4
20	230	355	220	136	1,5

Продовження таблиці 8.6.

Варіант	Площа покрить в долях від одиниці				
	1	2	3	4	5
1	0,01	0,25	0,13	0,54	0,07
2	0,05	0,13	0,17	0,43	0,22
3	0,1	0,15	0,26	0,45	0,04
4	0,25	0,1	0,05	0,33	0,27
5	0,16	0,21	0,08	0,31	0,24
6	0,03	0,18	0,27	0,22	0,30
7	0,13	0,01	0,07	0,36	0,43
8	0,17	0,05	0,22	0,20	0,36
9	0,26	0,1	0,04	0,33	0,27
10	0,05	0,25	0,27	0,16	0,27
11	0,08	0,16	0,24	0,28	0,24
12	0,27	0,17	0,30	0,31	0,36
13	0,2	0,16	0,54	0	0,10
14	0,16	0,07	0,43	0,20	0,46
15	0,03	0,22	0,45	0,10	0,20
16	0,13	0,04	0,33	0,25	0,25
17	0,17	0,27	0,31	0	0,25
18	0,26	0,24	0,22	0,15	0,13
19	0,05	0,30	0,36	0,14	0,15
20	0,08	0,26	0,20	0,17	0,29

Питання самоконтролю

1. Які види стоку включає поверхневий стік з міських поверхонь?
2. Які види стоку за технічним обладнанням?
3. Які основні джерела забруднення поверхневого стоку на міських територіях?
4. Які особливості формування поверхневого стоку у місті?
5. Яким чином контролюється якість дощових (снігових) вод?
6. Що характеризує коефіцієнт стоку?
7. Як коефіцієнт стоку у місті відрізняється від коефіцієнту стоку з природних територій?
8. Яким чином розраховується об'єм снігових вод?
9. Яким чином розраховується дощових вод?
10. Яким чином розраховується поливочних вод?
11. Яким чином розраховується сумарне значення річного виносу речовини з поверхневим стоком?

12. Як визначаються усереднені показники складу дощового стоку з території?

13. Яким чином визначається сумарний винос забруднювальних речовин з міської території?

Пробний тест за результатами виконання практичних робіт
Вибрати правильні відповіді

1. Кількість поверхневого стоку з міських територій у порівнянні з природними територіями:

1. Збільшується.
2. Зменшується.
3. Не змінюється.

2. Якість поверхневого стоку з міських територій:

1. Гірша ніж за містом.
2. Краща ніж за містом.
3. Така ж як з природних територій.

3. Сумарне значення річного виносу речовини з поверхневим стоком розраховується за формулою:

1. $W = W_d + W_c + W_{пл}$
2. $G = C_d W_d + W_c C_c + W_{пл} C_{пл}$
3. $W_d = 10 \cdot \varphi_d \cdot F \cdot (H_d - H_3)$

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

9 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ВОДИ, НЕОБХІДНОЇ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ТА ГРАНИЧНОГО ВМІСТУ СОЛЕЙ

9.1 Загальні положення

В оборотних системах водопостачання технологічних процесів завжди виникають втрати води з різних причин. Для нормальної роботи системи необхідно поповнювати її з урахуванням дотримання вимоги стосовно вмісту солей.

Для поповнення втрат води та підтримки оптимального складу води, в систему оборотного водопостачання постійно подається свіжа вода із джерела водопостачання у кількості, яка відповідає втратам. За потреби ця вода, що підживлює систему, додатково обробляється для доведення її складу, що не буде впливати на роботу системи.

Оскільки є необхідність освіжити воду оборотної системи та видалити можливі відклади на внутрішніх поверхнях трубопроводів, проводиться продувка, яка також сприяє зниженню вмісту солей. Результатом продувки та підживлення оборотних систем досягається рівновага кількості води необхідного солевмісту.

Співвідношення величин втрат води під час її використання й охолодження (випаровування, краплинне винесення вітром, втрати у виробництві, з осадом, що видалається з очисних споруд, втрати з продувкою системи) характеризує водний баланс оборотного циклу водопостачання [2,7]. Необхідну кількість води для підживлення обчислюють з матеріального балансу оборотної системи:

$$Q_{кр} + Q_{ск} + Q_{ф} + Q_{в.вт} + Q_{вип} = Q_{підж} \quad , \quad (9.1)$$

де $Q_{кр}$ – кількість води, що виноситься у вигляді крапель з повітрям на градирнях;

$Q_{ск}$ – кількість оборотної води, яку скидають для “продування”;

$Q_{ф}$ - кількість води, що втрачається з осадом під час фільтрування;

$Q_{в.вп}$ – кількість виробничих втрат води;

$Q_{вип}$ – кількість води, що випаровується на градирнях;

$Q_{підж}$ – кількість води, яку використовують для підживлення з метою компенсації всіх втрат оборотної води в системі.

Граничний вміст солей чи окремих іонів інших речовин у підживлюваній воді визначається умовою збереження сталого складу оборотної води, яка циркулює в системі:

$$Q_{підж} C_{підж} = (Q_{кр} + Q_{ск} + Q_{ф} + Q_{в.вт}) C_{об}; \quad (9.2)$$

$$C_{підж} = \frac{(Q_{кр} + Q_{ск} + Q_{ф} + Q_{в.вт}) C_{об}}{Q_{підж}}, \quad (9.3)$$

де $C_{підж}$ і $C_{об}$; - відповідно концентрація речовин, яка контролюється у воді для підживлення і в оборотній воді.

Середні втрати води, зумовлені випаровуванням, становлять близько 2,5 %, краплинним винесенням на градирнях – 0,300,5 %, величина “продування” коливається від 6 до 10 % і в середньому може бути прийнятою 8 %. Сума всіх інших втрат приймається такою, що дорівнює приблизно 1 % об’єму оборотної води. На підставі співвідношень, наведених вище, можна сформулювати вимоги до якості підживлювальної води оборотних систем. Такі вимоги для підприємств хімічної промисловості наведені в табл. 9.1. Звичайно, якщо для підживлення оборотних систем використовують замість свіжої очищені стічні води, вимоги до цієї води повинні повністю відповідати показникам, наведеним у табл. 9.1.

Таблиця 9.1 - Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних апаратів оборотного водопостачання в хімічній промисловості [2]

Показники якості	Для оборотної води	Величини, необхідні для підживлювальної води	
		Зі скиданням 8 % води (з продуванням)	Без скидання оборотної води (замкнений цикл)
Жорсткість карбонатна, моль/м ³	2,5	2,0	0,9
Жорсткість постійна, моль/м ³	5,0	4,0	1,9
Загальний солевміст, г/м ³	1200	900	445
хлориди (Cl ⁻)	300	237	112
сульфати (SO ₄ ²⁻)	350-500	277-395	119-187
Сума фосфору та азоту, г/м ³	3	2,4	1,1
Завислі речовини, г/м ³	30	23,6	11,2

Продовження таблиці 9.1

Окислюваність перманганат на, г O ₂ /м ³	8-15	11,8-12,8	3-5,7
ХСК, г O ₂ /м ³	70	55	26
Масла і речовини, що утворюють смолу, г/м ³	0,3	0,25	0,10

Приклад розрахунку

Завдання: Хімічне підприємство працює за схемою оборотного водопостачання зі скиданням води на “продування”, що становить 6 %. Загальний солевміст оборотної води дорівнює 1200 г/м³. Об'єм води, яка знаходиться в оборотній системі, становить 1000 м³. Визначити допустиму концентрацію мінеральних солей у підживлювальній воді.

Граничний вміст солей у підживлювальній воді визначається за співвідношенням (9.2). У середньому втрати води на підприємстві становлять: краплинне винесення – 0,4 %; тобто 4 м³; скидання з продуванням – 6 %; тобто 60 м³; виробничі втрати води і втрати під час фільтрування в сумі становлять ~ 1 %, тобто 10 м³. Об'єм води, яку використовують для підживлення, дорівнює ~ 8 %, тобто 80 м³.

Підставивши значення цих величин у формулу, дістанемо:

$$C_{\text{підж}} = (1200(4+60+10)) / 80 = 1110 \text{ (г/ м}^3\text{)}.$$

Висновок: Загальний солевміст у воді, яку використовують для підживлення, не повинна перевищувати 1110 г/ м³.

9.2 Завдання для самостійної роботи

Хімічне підприємство працює за схемою оборотного водопостачання зі скиданням води на “продування”. Загальний солевміст оборотної води і об'єм води, яка знаходиться в оборотній системі надані у таблиці 3.2. Визначити допустиму концентрацію мінеральних солей у підживлювальній воді.

Таблиця 9.2. Вихідні дані

№ варіанта	Загальний солевміст оборотної води, г/м ³	Об'єм води в оборотній системі, м ³	Об'єм краплин-ного винесення, %	Об'єм скидання з продуванням, %	Об'єм, що втрачається при фільтрації, %	Об'єм, що втрачається з випаровуванням, %	Об'єм промислових втрат, %
1	1100	1000	0,3	6	0,2	1,5	1
2	1000	2000	0,4	7	0,3	2,6	2
3	1250	1500	0,5	8	0,4	3,1	3
4	1230	1200	0,3	9	0,5	1,7	4
5	950	1330	0,4	10	0,1	1,9	5
6	980	1300	0,5	6	0,15	2,2	6
7	1010	1450	0,3	7	0,11	2,5	7
8	1300	1540	0,4	8	0,12	2,4	4
9	1200	1400	0,5	9	0,13	1,9	3
10	1000	1000	0,3	10	0,14	2,0	2
11	1120	1200	0,4	6	0,2	1,5	1
12	1130	1100	0,5	7	0,21	2,6	2
13	1500	1300	0,3	8	0,18	3,1	3
14	1200	1400	0,4	9	0,19	1,7	4
15	500	2000	0,5	10	0,4	1,9	5
16	800	1500	0,3	6	0,3	2,2	6
17	1200	1010	0,4	7	0,2	2,5	7
18	1100	1020	0,5	8	0,1	2,4	4
19	1000	1050	0,4	9	0,15	1,9	3
20	950	1400	0,3	10	0,21	2,0	2

Питання самоперевірки

1. Які особливості роботи оборотних систем водопостачання?
2. Яким чином підтримується робота оборотних систем водопостачання?
3. Що необхідно враховувати при підживленні системи?
4. Де формуються втрати води на випаровування?
5. На якій стадії формуються втрати з осадом?
6. З якою метою відбувається продування системи?
7. Що необхідно враховувати при підживленні системи, яка працює без продування?

Пробний тест за результатами виконання роботи

Вибрати правильні відповіді

1. Оборотна система використовує воду:

1. Одноразово.
2. Дворазово.
3. Багаторазово.

2. Втрати води з осадом формуються завдяки процесам:

1. Очищення.
2. Знезараження.
3. Охолодження.

3. Об'єм води на підживлення враховує:

1. Джерело водопостачання.
2. Вміст солей в системі.
3. Втрати води в системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тугай А. М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. Курсовое проектирование. – К.: Вища школа, 1980. – 208 с.
2. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод /А. К. За польський, Н. А. Мішакова-Клименко, І. М. Астрелін і ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
3. Збірник методичних вказівок з дисципліни „Методи оцінки якості природних вод”. Укладач: Юрасов С. М.- Одеса.: ОДЕКУ, 2005. – 60 с.
4. Національний стандарт України «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» ДСТУ 7525:2014.
5. Экология города /Под ред. Стольберга Ф.В./ – К.: Либра, 2000. – 464 с.
6. Водоподготовка (расчеты, примеры, задачи). – М.: Энергия, 1980. – 256 с.
7. Айрапетян Т.С. Конспект лекцій з дисципліни «Особливості промислового водопостачання» - Х.:ХНУМТ, 2014.87с.
8. Ласков Ю.М. и др. Примеры расчетов канализационных сооружений. – М.:Стройиздат, 1987. – 255 с.