

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни**

«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД»

*(для студентів денної і заочної форм навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
спеціалізації «Гідротехніка (Водні ресурси)»)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2018

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія спеціалізації «Гідротехніка (Водні ресурси)») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. Т. С. Айрапетян. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018.– 22 с.

Укладач канд. техн. наук Т. С. Айрапетян

Рецензент: проф. С. С. Душкін

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод,
протокол № 1 від 29.08.2016 р.*

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
1 ДЖЕРЕЛА УТВОРЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА ПІДПРИЄМСТВІ	7
1.1 Утворення промислових стічних вод	7
1.2 Утворення поверхневого стоку	7
2 КІЛЬКІСТЬ І СКЛАД ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД	8
2.1 Визначення розрахункових витрат	8
2.2 Склад промислових стічних вод	8
3 СПОСОБИ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД	10
3.1 Механічні методи очищення	10
3.2 Відцентрове відстоювання	11
3.3 Флотаційні методи очистки промислових стічних вод	11
3.4 Доочищення фільтруванням	11
4 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ТА СПОРУД ДЛЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД	12
5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	12
5.1 Визначення розрахункової витрати стічних вод	12
5.2 Розрахунок установки для електрофлотокоагуляції	12
5.3 Розрахунок відстійника.....	15
5.4 Фільтрування проясненої води.....	18
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	19
ДОДАТОК А.....	20

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Інженерні комунікації кожного промислового підприємства мають комплекс водовідвідних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення з території підприємства вод, які відпрацювали (якщо подальше використання їх неможливо за технічними умовами або недоцільно за техніко-економічними показниками), а також споруд й установок для очистки стічних вод і вилучення з них цінних компонентів..

Ефективність роботи споруд і установок закладається на стадії їхнього проектування, під час якого здійснюється вибір тих чи інших споруд і робиться їх техніко-економічний і технологічний розрахунок.

Предметом вивчення дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» є розгляд основних методів очистки промислових стічних вод; ознайомлення з методикою розрахунку і конструктивними особливостями очисних споруд.

Метою викладання дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» є підготовка фахівця, який володітиме знаннями, пов'язаними з вирішенням питань водовідведення і проектування споруд для очистки промислових стічних вод різних виробництв.

Розрахунково-графічна робота

Склад і оформлення РГР

Розрахунково-графічну роботу (РГР) виконують на тему «Очистка стічних вод механічних цехів машинобудівного заводу» на основі завдання, яке видає викладач.

Метою РГР є вивчення особливостей даного промислового підприємства, умов утворення стічних вод, розробка схеми очистки стічних вод з метою їх повторного використання у виробництві, розрахунок очисних споруд.

У процесі виконання РГР студенти закріплюють теоретичні знання, які дозволяють обґрунтувати вибір методу й схеми очистки промислових стічних вод, підібрати набір очисних споруд; опановують навичками роботи з науково-дослідною і довідковою літературою.

Розрахунково-графічна робота складається з таких елементів:

- титульний аркуш;

- завдання на спеціальному бланку;

- зміст;

- основна частина, що містить короткий опис характеристики підприємства, його основних цехів, джерел утворення стічних вод, обґрунтування методу й технологічної схеми очистки відповідно до плану розрахунково-пояснювальної записки;

- розрахункова частина, що містить розрахунок параметрів і схеми очисних споруд;

- список джерел.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки становить 10-12 сторінок рукописного або друкованого тексту з рисунками і схемами.

Вихідні дані для виконання завдання за варіантами наведені в додатку 1.

Далі подано зразок завдання на виконання РГР.

Студенти починають виконувати завдання на практичних заняттях і завершують його у вигляді самостійної роботи.

Характеристика машинобудівельних підприємств, класифікація стічних вод від основних цехів, основні види забруднень та методи очистки детально висвітлені в літературі [1, 7].

Відповідно до завдання студенти розробляють схему й споруди для очистки вказаної категорії стічних вод машинобудівельного підприємства, виконують розрахунок очисних споруд, описують будову, принцип роботи та основні технічні параметри. Для розрахунку очисних споруд рекомендується користуватися літературою [8, 9].

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Кафедра водопостачання, водовідведення і очистки вод

ЗАВДАННЯ

на виконання розрахунково-графічної роботи

**«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ»**

Видано студенту _____ групи _____

ВИХІДНІ ДАНІ

1 Тема _____

2 Місце будівництва промпідприємства _____

3 Річна продуктивність _____, тис. одиниць у рік

4 Норма водовідведення _____, м³/од. продукції

5 Коефіцієнт годинної нерівномірності _____

6 Якісна характеристика стічної води:

- Завислі речовини – _____ мг/л
- Нафтопродукти – _____ мг/л
- Загальний солевміст – _____ мг/л
- рН – _____
- температура стічних вод – _____ °С

ЗМІСТ РОБОТИ

1 Навести характеристику підприємства, його основних цехів.

2 Визначити розрахункову витрату стічних вод даного виробництва

3 Проаналізувати умови утворення основних категорій стічних даного підприємства, дати їх якісну й кількісну характеристику. Вибрати й обґрунтувати методи й схему очищення.

4 Зробити розрахунок очисних споруд.

5 Навести схему очистки, описати конструкцію і принцип роботи споруд для очистки стічних вод.

Завдання видане _____ Строк здачі роботи _____

Викладач: доц. каф. ВВ і ОВ Т. С Айрапетян _____

1 ДЖЕРЕЛА УТВОРЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Утворення промислових стічних вод

Студент повинен знати, що безперервне зростання промисловості, будівництва, транспорту спричиняє збільшення обсягів споживання води на різні виробничі операції, процеси, приготування розчинів і т.п. При використанні у виробничих цілях вода забруднюється або нагрівається, змінює свої первинні властивості, що робить її непридатною для подальшого використання, тобто вона перетворюється у промислові стічні води (промстоки).

Для своєчасного й організованого відведення промстоков, очищення й знешкодження їх до необхідного ступеня з метою наступного використання або випуску у водойми (міську каналізацію), а також для обробки й утилізації осадів на промпідприємствах влаштовують водовідвідні системи.

Здійснення очистки стічних вод і їхнє наступне використання, обробка й утилізація осадів, виділених при очищенні промстоков, створюють умови для безвідходних виробництв, сприяють охороні водоймищ від забруднення й раціональному використанню води.

Студент повинен знати, що на підприємствах (заводах, фабриках, рудниках і т.п.) утворюються три категорії стічних вод:

1) виробничі (промстоки) – використані у технологічному процесі виробництва. Відрізняються великою різноманітністю залежно від утворення, кількості й особливо видів окремих забруднень, їхніх сполучень і концентрацій;

2) побутові – утворюються від санітарних вузлів виробничих будинків, душових установок, наявних на території промпідприємств;

3) дощові води (поверхнево-злизовий стік), кількість яких залежить від клімату району розташування і площі промислового майданчика, виду покриттів.

Для вирішення конкретних завдань водовідведення необхідно знати обсяги промстоков, види забруднень, їхню концентрацію, динаміку утворення промстоков, місця їх утворення і використання, необхідний ступінь очищення.

При виконанні РГР студентам слід знати, що основними споживачами води, а значить і джерелами утворення стічних вод на машинобудівних підприємствах є металургійний комплекс, механічні цехи, складально-іспитові цехи, відділення з обробки поверхні металу, гальванічне виробництво й допоміжні виробництва (енергетичне господарство, ремонтні цехи та ін.).

1.2 Утворення поверхневого стоку

Поверхневий стік з території промислового підприємства, зокрема машинобудівного заводу утворюється в результаті випадання атмосферних опадів (дощу, снігу). З території промпідприємства поверхнево-злизовий стік (ПЛС) змиває забруднення, що утворюються на цій території – завислі речовини, нафтопродукти, ряд хімічно розчинених у воді речовин. Крім цього до складу забруднень входять речовини, що перебувають у повітрі над територією підприємства. Таким чином, склад забруднень ПЛС з території підприємства визначається технологією виробництва на цьому підприємстві й відповідно викидами в атмосферу. Концентрація завислих речовин у поверхневому стоці коливається в межах від 100 до 1000 мг/л, концентрація нафтопродуктів – до 50 мг/л.

Концентрація і наявність хімічних речовин залежить від технології виробництва. Наприклад, на коксохімічному заводі в ПЛС є феноли, ціаніди, роданіди та інші речовини. На машинобудівних заводах у стічних водах переважають залишки речовини, солі, кислоти, луги.

2 КІЛЬКІСТЬ І СКЛАД ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Студент повинен знати, що якісно-кількісна характеристика є вихідним матеріалом при проектуванні систем водовідведення пром підприємств або при аналізі діючих.

2.1 Визначення розрахункових витрат

Розрахункові витрати промислових стічних вод, що надходять на очисні споруди визначаються за формулами:

- добова витрата, м³/доб.

$$Q_{доб} = N \cdot M, \quad (2.1)$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, м³/од. продукції;

M – добова продуктивність цеху, установок по сировині або продукції, одиниць продукції за добу;

- секундна витрата, л/с

$$q_{сmax} = \frac{N \cdot M_{зм} \cdot K_{год}}{T \cdot 3,6}, \quad (2.2)$$

де $M_{зм}$ – змінна продуктивність цеху, установки по сировині або продукції, од. прод./зм;

$K_{год}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності утворення промстоков;

T – тривалість роботи цеху в зміну, год.

Норми водовідведення визначають за довідником [6], продуктивність і режим роботи задаються технологіями (студенти беруть дані зі свого завдання).

Студент повинен знати, що на практиці кількість промстоков від окремих установок або цехів може коливатися в широких межах: від декількох до десятків тисяч м³/год. Слід розуміти й враховувати нерівномірність утворення промстоков і для цієї мети передбачати акумулюючі ємкості необхідного об'єму при проектуванні.

На багатьох хімічних, металургійних, збагачувальних заводах і фабриках щогодини обробляються десятки тисяч м³/год промстоков.

2.2 Склад промислових стічних вод

Різноманіття сучасних технологій, що переробляють матеріали реагентів, що використовуються та інших факторів сприяє великому розмаїттю промстоков, склад яких визначають види домішок і їх концентрації.

При аналізі стічних вод необхідно визначити домішки, характерні для даного виробництва. Наприклад, на заводах, які переробляють залізну руду, основними домішками у промислових стоках є окисли заліза, вуглецю (залишки

коксу), вапна, на вуглезбагачувальних фабриках – частки вугілля й супутніх порід, у гальванічних виробництвах промислові стоки містять лугу, кислоти, солі й іони важких металів і т.п.

Особливо складний склад забруднень у промислових стоках хімічних комбінатів, заводів і виробництв, де переробляються багато видів хімічних речовин.

Стічні води можуть бути з нерозчиненими механічними домішками чи з розчиненими (справжні розчини), а також промстоки, що містять розчинені й нерозчинені домішки. Механічні домішки можуть бути грубо-дисперсними розміром більше 0,1 і дрібно-дисперсними розміром 0,1-0,001 мк.

Промстоки можуть містити домішки мінерального або органічного характеру, а також їхньої суміші.

У великих обсягах на промислових підприємствах утворюються нагріті (термальні) промстоки, які вимагають тільки охолодження і повторного використання.

Санітарну небезпеку становлять промстоки не тільки з хімічно токсичними забрудненнями, але й бактеріальними. В особливу групу виділяються промстоки з радіоактивними забрудненнями, які вимагають спеціальних методів знешкодження.

За концентрацією забруднень варто розрізняти промстоки сильно-, середньо- і слабо забруднені.

Аналізуючи візуально промстоки або їхньої проби, студент повинен уміти дати їх якісну характеристику: температуру, кольоровість, запахи, наявність і характер спливаючих і завислих домішок, вид і кількість осадів, кінетику освітлення та інші особливості.

Студенту необхідно знати, що у промстоках можуть бути розчинені кислоти й луги, які підвищують їх агресивність. За ступенем агресивності промстоки розділяють у такий спосіб: слабоагресивні (слабокислі – $\text{pH} = 6\text{--}6,5$ і слабколужні – $\text{pH} = 8\text{--}9$); сильноагресивні ($\text{pH} < 6$ і сильнолужні – $\text{pH} > 9$); неагресивні ($\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$).

У промстоках у значних кількостях і розчиненому стані можуть бути різні солі: сульфати, хлориди, карбонати, нітрати або нітрити. За концентрацією солей розрізняють сильно-, середньо- і слабкомінералізовані стічні води.

У даний час у промстоках найбільш часто зустрічаються у вигляді забруднень піски, дрібні частки руди і нерудних корисних копалин, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, мастильно-охолоджувальні рідини, солі й іони важких металів, кислоти, луги та ін.

У РГР вивчається одна з категорій стічних вод машинобудівного заводу. Це стічні води, що утворюються в основному в механоскладальному виробництві від спеціальних миючих машин у процесі підготовки (мийки) деталей перед фарбуванням. Стічні води механічних цехів містять в основному дрібнодисперсні завислі речовини, нафтопродукти, які змиваються з поверхні металу, й різні миючі, поверхнево-активні речовини. Гідравлічна крупність завислих речовин коливається у межах 0,1–0,2 мм/с. Становлять ці стічні води приблизно 10–15% загальної кількості використовуваних вод. Вони близькі за складом до дощових і талих вод, стоків від поливу території.

3 СПОСОБИ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД

Для очистки промислових стічних вод застосовують багато методів і споруд, які використовуються при підготовці води, міській каналізації, деяких хімічних та інших технологіях.

Студент повинен знати, що вибір оптимальних і ефективних методів і споруд залежить від якісної характеристики промстоков, їхньої кількості, необхідного ступеня очистки, місцевих умов і можливостей.

Для очистки стічних вод машинобудівних підприємств (МП) застосовують головним чином механічні методи (проціджування, відстоювання, фільтрування), хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція), фізико-хімічні (флотація, електрохімічні методи), а також комбіновані.

3.1 Механічні методи очистки

Студент повинен знати, що метод відстоювання використовується для виділення з води нерозчинених різноманітних твердих і рідких домішок, які здатні у спокійній воді осідати на дно або спливати на поверхню. Час очистки залежить від швидкості осідання (спливання) нерозчинених домішок у спокійній воді. Така швидкість (гідравлічна крупність часток) є основною величиною для розрахунку відстійних споруд.

Для очистки промислових стічних вод методом відстоювання використовують як звичайні конструкції відстійних споруд, що застосовуються для очистки міських стічних вод, так і спеціальні.

Створення спеціальних конструкцій відстійників для очистки промислових стічних вод обумовлено різноманітністю нерозчинних речовин, які доцільно видаляти відстоюванням. Це можуть бути й важкі домішки (окалина, пісок та інші мінеральні речовини, важкі смоли), і досить легкі, що спливають (нафта, мастила, жири, легкі смоли та ін.).

Легкі домішки, що спливають, містяться у стічних водах різних галузей промисловості: машинобудівної, металургійної, хімічної, нафтової та інших. Ці речовини присутні у стічних водах самотійно або в сполученні з іншими нерозчинними домішками, в тому числі важкими. У цьому виразі в усіх відстійниках передбачаються спеціальні пристрої для збору й відділення легких і важких домішок. Одними з таких споруд є тонкошарові відстійники, нафтовловлювачі з тонкошаровими блоками, маслосмолловлювачі та ін.

Тонкошарові відстійники можуть виконувати роль самотійних споруд або існуючі відстійники доповнюють тонкошаровими модулями, які розташовують в апараті перед водозбірним пристроєм. Тонкошарове відстоювання застосовують при необхідності зменшення об'єму очисних споруд і для підвищення ефективності існуючих відстійників.

Тип тонкошарового відстійника слід вибирати на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням продуктивності очисних споруд, концентрації й характеру забруднень, умов будівництва, а при реконструкції – додатково з урахуванням конструкції відстійників, які мають на станції, наявності вільної площі і т.п.

3.2 Відцентрове відстоювання

Для вловлювання крупних твердих домішок і піску використовують напірні й безнапірні (відкриті) гідроциклони.

Студент повинен розуміти, що відцентрові сили, що діють на механічні домішки, в напірних гідроциклонах можуть у десятки й сотні разів перевищувати сили гравітації, які діють при відстоюванні. Тому скорочується відповідно й час очистки.

Швидкості впуску води в напірних гідроциклонах можуть досягати значних величин (10 м/с), що створює значні відцентрові зусилля. Однак ці параметри не забезпечують високий ступінь очистки стічних вод від завислих речовин.

У напірних гідроциклонах не вдається затримати дрібнодисперсні частки крупністю менше 1–5 мкн, які найбільш характерні для стічних вод промислових підприємств. Крім того, завислі речовини, що містяться у стічних водах промислових підприємств практично повсюдно характеризуються полідисперсним складом, що приводить до забивання шламових отворів.

Напірні гідроциклони рекомендується застосовувати у тих випадках, коли завислі речовини, які містяться в оброблюваній воді характеризуються монодисперсним складом.

Напірні гідроциклони продовжують удосконалюватися з погляду поліпшення конструкції в наступних напрямках:

- 1) уловлювання з оброблюваної води не тільки твердих часток домішки, але й рідких (мастил, жирів, нафтопродуктів)
- 2) розробка пристроїв, що дозволять домагатися виключення засмічення шламових отворів.

3.3 Флотаційні методи очистки промислових стічних вод

Флотація відноситься до фізико-хімічних методів очистки стічних вод і застосовується в багатьох виробництвах.

Сутність флотаційної очистки полягає в тому, що стічні води штучно насичують повітрям, на поверхні пухирців якого адсорбуються частки забруднень, спливають разом з ними на поверхню води, звідки віддаляються.

Для очистки промислових стічних вод флотація ефективна при видаленні з води завислих речовин, поверхнево-активних речовин, нафтопродуктів, жирів, масел, смол та інших речовин, осадження яких малоефективне.

Існує також метод електрофлотації. Сутність очистки стічних вод цим методом полягає у перенесенні забруднюючих часток з рідини на її поверхню за допомогою пухирців газу, що утворюються при електролізі стічної води.

3.4 Доочищення фільтруванням

Студент повинен знати, що при необхідності високого ступеня очистки (90-98%) по механічних домішках, як правило, застосовують фільтрацію промстоков через шари дрібнозернистих матеріалів (кварцовий пісок, керамзит), через пінополіуретанову крихту, полістирольні гранули, плаваючі завантаження, синтетичні волокна та інші матеріали.

Для фільтрування стічних вод використовують винятково швидкі фільтри напірного типу зі швидкістю фільтрування 5-20 м/год.

4 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ Й СПОРУД ДЛЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Вибір методів очистки залежить від виду домішок у промислових стічних водах, розрахункової витрати, необхідного ступеня очистки з урахуванням повторного використання або випуску, а також умов і можливостей конкретного промислового підприємства, техніко-економічного порівняння варіантів.

Основною метою очистки промислових стічних вод є зниження концентрації домішок до припустимих меж перед їх повторним використанням або випуском у водойми чи міську каналізацію.

Для даної категорії стічних вод машинобудівного підприємства (стічних вод механічних цехів, забруднених завислими речовинами, мастилами й нафтопродуктами) з урахуванням якісного складу цих вод, а також аналізу досвіду досліджень, проектування та експлуатації нових типів очисних споруд, студентам рекомендується приймати електрофлотокоагуляційний метод очистки з подальшим відстоюванням і фільтруванням. Горизонтальний відстійник рекомендується обладнати тонкошаровими блоками, а фільтрування робити через шар пінополіуретану з регенерацією завантаження механічним способом.

5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Для очистки стічних вод даної категорії студентам рекомендується приймати очисну установку у складі горизонтального відстійника, обладнаного тонкошаровими елементами, і фільтра з інтенсифікацією процесу очищення методом електрофлотації або електрокоагуляції.

5.1 Визначення розрахункової витрати стічних вод.

Розрахункову витрату стічних вод можна визначити за формулою:

$$Q = \frac{n \cdot N \cdot k_{\text{год}}}{T}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.1)$$

де n – норма водовідведення даного виробництва;

N – продуктивність, од. прод. /рік;

$K_{\text{год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності;

T – тривалість роботи за рік, $T = 2032$ год.

5.2 Розрахунок установок для електрофлотації

Розрахунок електродного відділення

Обсяг електродного відділення визначається з можливості розміщення в ньому електродної системи. Так, ширина секції установки A приймається залежно від продуктивності Q : $A = 2$ м, якщо $Q < 90$ м³/год і $A = 2,5\text{--}3$ м при $Q = 90\text{--}180$ м³/год.

1 Число електродів, розташовуваних у камері:

$$n = (A - 2a + C) / (\delta + C), \quad (5.2)$$

де $a = 100$ мм – величина зазору між крайніми пластинами й стінками камери

C – величина зазору між пластинами (15–20 мм);

δ – товщина пластин (6–10 мм).

2 Площа активної поверхні електродів, м²

$$f_{a.e} = \frac{E \cdot Q}{i}. \quad (5.2)$$

Тут E – питома кількість витрата електричного струму, А·год/м³;

Q – розрахункова витрата стічних вод, м³/год;

i – щільність струму на електродах, А/м² ($i = 50-100$ А/м²).

$$E = \frac{C_{заг}}{0,01 \cdot C_{заг} + 15}, \text{ А} \cdot \text{год} / \text{м}^3, \quad (5.3)$$

$C_{заг}$ – загальна концентрація забруднень у стічній воді, мг/л

$C_{заг} = C_{зав.p} + C_{нафтопр}$ (за завданням)

3 Площа однієї пластини електрода, м²

$$f_e = \frac{f_{a.e}}{n_e}. \quad (5.4)$$

Пластини рекомендується прийняти квадратної форми. Тоді довжина пластин дорівнює висоті:

$$l_e = h_e = \sqrt{f_e}, \text{ м.}$$

4 Довжина електродної камери, м визначається за формулою:

$$L_e = l_e + 2 \cdot a. \quad (5.5)$$

5 Об'єм електродної камери:

$$W_{e.к.} = A \cdot h_e \cdot L_e, \text{ м}^3. \quad (5.6)$$

6 Об'єм, який займають електроди в камері:

$$W_e' = l_e \cdot h_e \cdot \delta \cdot n_e. \quad (5.7)$$

7 Об'єм проточної частини:

$$W_{np} = W_e - W_e'. \quad (5.8)$$

8 Час перебування стоків в електродній камері, с

$$t = \frac{W_{np}}{Q}. \quad (5.9)$$

Для розподілу води по площі електродного відділення передбачений розподільчий трубопровід, виготовлений із пластмаси, що укладається на дні відділення. При виборі діаметра слід враховувати, що швидкість руху води повинна бути економічною. Для більш рівномірного розподілу рекомендується приймати отвори в розподільчому трубопроводі діаметром $d_{отв} = 15-20$ мм.

Висота пірамідальної частини електродного відділення, м,

$$H_{nir} = \frac{(L_e - (d_{mp} + 0,2)) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2}, \text{ м} \quad (5.10)$$

де α – кут нахилу стінок камери, $\alpha = 45-60^\circ$.

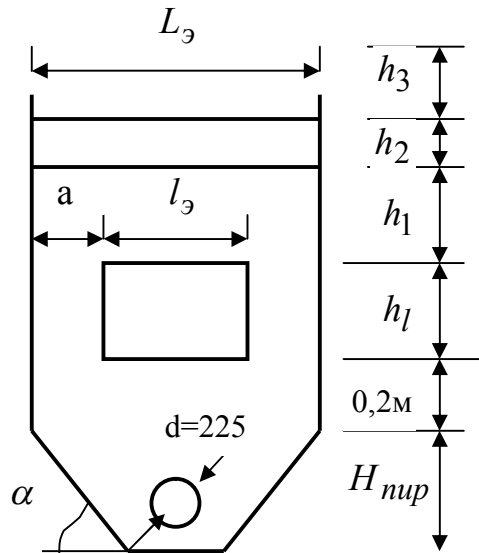


Рисунок 5.1 – Схема електродної камери

Кількість отворів у розподільчій трубі:

$$n_{отв} = \frac{f_{отв}}{f'_{отв}}, \text{ шт}, \quad (5.11)$$

де $f_{отв}$ – загальна площа отворів, що визначається з умови, що швидкість руху води в отворі 1 м/с

$$f_{отв} = \frac{Q}{v_{отв}}. \quad (5.12)$$

Площа одного отвору, м²:

$$f'_{отв} = \frac{\pi \cdot d_{отв}^2}{4}. \quad (5.13)$$

Крок отворів визначається за формулою:

$$S = \frac{A}{2(n_{отв} - 1)}, \text{ м}. \quad (5.14)$$

Загальна висота електродного відділення, м:

$$H_{e.к.} = H_{нир} + 0,2 + h_e + h_1 + h_2 + h_3, \quad (5.15)$$

тут $h_1 = 0,3-0,5$ м – висота захисного шару;

$h_2 = 0,1-0,15$ м – шар піни (шламу);

$h_3 = 0,15-0,2$ м – висота запасу.

При здійсненні процесу електрофлотокоагуляції треба визначити кількість металу, що переходить у розчин, а також термін служб електродної системи.

Кількості металу, що переходить в 1 м³ розчину при електрофлото-коагуляції:

$$m = k \cdot \mathcal{E} \cdot E, \text{ г/м}^3, \quad (5.16)$$

де $k = 0,5-0,95$ – коефіцієнт виходу за струмом;

\mathcal{E} – електрохімічний еквівалент, г/(А×год), який дорівнює для Fe²⁺, Fe³⁺, Al³⁺ – відповідно 1,042; 0,695; і 0,336.

Термін служби електродної системи:

$$T = \frac{M \cdot 1000}{m \cdot Q_{\text{сут}}}, \text{ діб}, \quad (5.17)$$

де $M = \gamma \cdot \kappa_e \cdot f_e \cdot \delta \cdot n_e$ – маса електродів, що розчиняється при електролізі, кг
 γ – щільність металу електродів, кг/м³;

$\kappa_e = 0,8-0,9$ – коефіцієнт використання матеріалу електродів;

$Q_{\text{доб}}$ – добова витрата стічних вод, м³/доб.

Очисна установка працює 8 год за добу.

5.3 Розрахунок відстійника

Для осадження завислих речовин і ефективності видалення утворених пінопродуктів передбачається горизонтальний відстійник, суміщений з електродною камерою.

Для інтенсифікації процесу очистки, зменшення площі, яку займає установка, передбачається встановлення у горизонтальний відстійник з тонкошарових елементів.

Технологічний розрахунок відстійника полягає у визначенні параметрів тонкошарових елементів (блоків) та розмірів самого тонкошарового відстійника, що забезпечують необхідний ефект освітлення.

Для забезпечення надійної роботи й стабільності якості проясненої води необхідно дотримуватися ламінарного режиму течії рідини у тонкошарових елементах.

1 Глибина відстійника, м

$$H = U_0 \cdot T. \quad (5.18)$$

2 Довжина зони відстоювання, м

$$L_{\text{ел}} = v_{\text{max}} \cdot T, \quad (5.19)$$

$$\text{де } T - \text{час відстоювання } T = \frac{H_{\text{ел}}}{\cos \alpha \cdot U_0}, \text{ с.} \quad (5.20)$$

Тут α – кут нахилу тонкошарових елементів, дорівнює від 30° до 75°;

U_0 – гідравлічна крупність забруднень, мм/с :

$$U_0 = 0,121 + 0,179 \cdot C_{\text{общ}}^2 \cdot 10^{-6}. \quad (5.21)$$

3 Максимальна швидкість у тонкошарових елементах відстійника, мм/с

$$v_{\text{max}} = \frac{\text{Re}_{\text{кр}} \cdot \nu \cdot 1000}{4R}. \quad (5.22)$$

де $\text{Re}_{\text{кр}}$ – критичне значення числа Рейнольдса при русі рідини в елементах тонкошарового відстійника.

Тонкошарові відстійники розраховують на ламінарний рух рідин в елементах, $\text{Re}_{\text{кр}} = 500-800$;

ν – кінематична в'язкість стічних вод, м²/с :

$$\nu = (25,04 - 5 \ln t) \cdot 10^{-7} \quad (5.23)$$

де t – температура стічних вод, °C;

R – гідравлічний радіус елемента, м,

$$R = \frac{\omega_{ел}}{\chi_{ел}} = \frac{A \cdot H_{ел}}{2 \cdot (A + H_{ел})}. \quad (5.24)$$

Тут $\omega_{ел}$ – площа поперечного перерізу елемента, м²;

A – ширина установки;

$H_{ел} = 25-100$ мм;

χ – змочений периметр.

Студентам рекомендується приймати тонкошарові елементи із протиточним напрямком руху рідини, тобто напрямком руху рідини протилежний стосовно напрямку руху осаду.

4 Перевірка умови стабільності потоку за критерієм Фруда:

$$\frac{v_{max}^2}{g \cdot R} = Fr_{кр} \geq 10^{-5} \quad (5.25)$$

5 Питоме навантаження на тонкошаровий елемент:

$$q = \frac{v_{max}}{K} \cdot A \cdot H_{ел}, \text{ м}^3/\text{год на 1 елемент}, \quad (5.26)$$

де K – коефіцієнт, що показує в скільки разів максимальна швидкість більше середньої.

$$K = 1,167 \cdot C_{заг}^{0,062}. \quad (5.27)$$

6 Кількість тонкошарових елементів:

$$n_{ел} = \frac{Q}{q}, \text{ шт.} \quad (5.28)$$

7 Горизонтальна відстань між пластинами:

$$S = \frac{H_{ел}}{\cos \alpha} \quad (5.29)$$

8 Довжина тонкошарового блоку, м:

$$L_{бл} = n_{ел} \cdot (S + \delta) + L_{ел} \cdot \cos \alpha, \quad (5.30)$$

де δ – товщина стінки елемента, $\delta = 3-4$ мм

9 Висота блоку, м

$$H_{бл} = L_{ел} \cdot \sin \alpha. \quad (5.31)$$

Матеріал елементів – склопластик.

10 Об'єм осаду, що утвориться у відстійнику за добу:

$$W_{ос} = \frac{T \cdot (C_{ен} - C_{ex}) \cdot Q}{(100 - P) \cdot \gamma \cdot 10^6} \cdot 100, \text{ м}^3, \quad (5.32)$$

де T – тривалість накопичення осаду, $T=8$ год;

$C_{ен}$ – концентрація зважених речовин на вході в установку, мг/л;

C_{ex} – концентрація зважених речовин на виході з відстійника;

P – вологість осаду, що дорівнює 98-98,5%;

γ – об'ємна маса осаду, що дорівнює 2,65 т/м³.

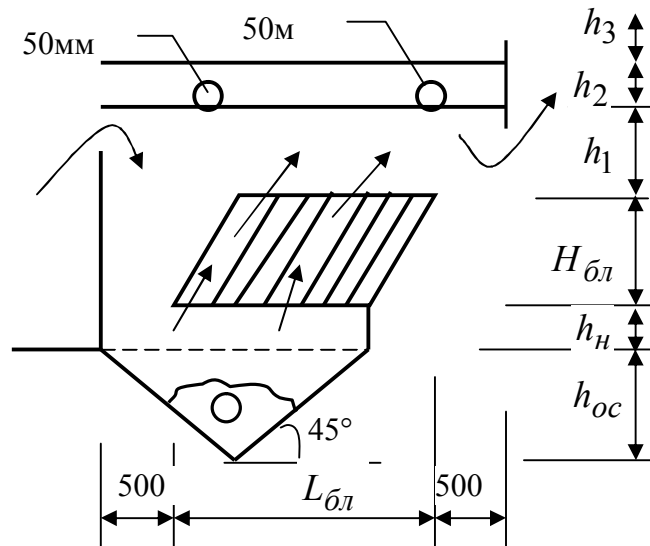


Рисунок 5.2 – Схема відстійного відділення

11 Об'єм осадової частини визначається за залежністю, м³:

$$W'_{oc} = \frac{(\delta + S) \cdot n_{ел} + 0,5}{2} \cdot h_{oc} \cdot A, \quad (5.33)$$

де h_{oc} – висота осадкового приямка

$$h_{oc} = \frac{(\delta + S) \cdot n_{эл} + 0,5}{2}, \text{ м.} \quad (5.34)$$

12 Періодичність скидання осаду:

$$N_{oc} = \frac{W_{oc}}{W'_{oc}}. \quad (5.35)$$

13 Загальна довжина відстійної камери:

$$L_{відст.к} = L_{бл} + 0,5 + 0,5, \text{ м.} \quad (5.36)$$

14 Загальна висота відстійника:

$$H_{відст} = h_{oc} + h_n + H_{бл} + h_1 + h_2 + h_3, \text{ м,} \quad (5.37)$$

де h_n – відстань між осадовим приямком і тонкошаровим блоком, $h_n = 0,5$ м.

15 Загальна кількість уловлених нафтопродуктів у вигляді піни:

$$W_n = \frac{T \cdot Q \cdot (C_n^{en} - C_n^{ex})}{0,95 \cdot (100 - P_n) \cdot 10^4}, \quad (5.38)$$

де Q – витрата установки, м³/год;

$C_n^{en}; C_n^{ex}$ – концентрація нафтопродуктів у вихідній і очищеній воді,

$C_n^{ex} = 20\text{--}30$ мг/л;

P_n - вологість нафтопіни, 90-92%.

Нафтопродукти, що виділяються у вигляді піни виводяться з установки за допомогою двох труб, які розміщені у верхній частині й мають діаметр 50 мм. На трубах передбачені щілинні отвори шириною 10–15 мм.

Зібрана нафтопіна надходить до бункера, що конструктивно входить до складу установки.

Об'єм бункера становить:

$$W_{б}^H = l_{б} \cdot h_{б} \cdot 0,5. \quad (5.39)$$

Довжину бункера визначають за формулою:

$$l_{\phi} = L_{\phi} + 0,5 \quad (5.40)$$

Висоту бункера приймається 1,5 м.

Термін зберігання піни в бункері:

$$T_n = \frac{W_{\phi}^H}{W_n}, \text{ діб.} \quad (5.41)$$

Уловлений осад направляють у збірний резервуар, що розраховується на 30 добове зберігання осаду.

5.4 Фільтрування проясненої води

Для можливості використання стічних вод у системі оборотного водопостачання студентам рекомендується приймати фільтруючі установки з використанням пінополіуретанового завантаження.

Швидкість завантаження приймають в межах 5–10 м/год.

Площу завантаження визначають за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{v}, \text{ м}^2. \quad (5.42)$$

Розміри фільтрувальної камери в плані приймаються з умови блокування елементів очищення в одну конструкцію. Тоді ширина камери $B_{\phi} = A$.

Довжина камери,

$$L_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{A}. \quad (5.43)$$

Пінополіуретан завантажують в знімальну касету з металевою сіткою. Товщина шару завантаження становить 0,5 м. Регенерацію завантаження здійснюють механічним способом (віджиманням).

Маса забруднень, що затримується фільтром за годину:

$$M_3 = ((C_{\text{нафт.}}^{\text{en}} - C_{\text{нафт.}}^{\text{ex}}) + (C_{\text{зав.р.}}^{\text{en}} - C_{\text{зав.р.}}^{\text{ex}})) \cdot Q \cdot 10^3, \quad (5.44)$$

де $C_{\text{нафт.}}^{\text{en}}$; $C_{\text{нафт.}}^{\text{ex}}$ – концентрація нафтопродуктів у вихідній і очищеній воді, мг/л;

$C_{\text{зав.р.}}^{\text{en}}$; $C_{\text{зав.р.}}^{\text{ex}}$ – концентрація завислих речовин на вході й виході з фільтра, мг/л.

Маса фільтруючого завантаження, кг

$$M_{\phi.з.} = W_{\phi.з.} \cdot \rho_{\phi.з.}, \quad (5.45)$$

де $W_{\phi.з.}$ – об'єм фільтруючого завантаження, м³;

$\rho_{\phi.з.}$ – щільність фільтруючого завантаження, $\rho_{\phi.з.} = 50 \text{ кг/м}^3$;

Об'єм фільтруючого завантаження визначають за формулою:

$$W_{\phi.з.} = F_{\phi} \cdot 0,5. \quad (5.46)$$

Маса вловлених забруднень за весь фільтроцикл:

$$M'_3 = M_{\phi.з.} \cdot G, \quad (5.47)$$

де G – брудоемкість, $G=1,5 \text{ кг/кг}$.

Тривалість фільтрування фільтруючого завантаження:

$$T = \frac{M'_3}{M_3}. \quad (5.48)$$

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- 1 Водоотводящие системы промышленных предприятий : учеб. для вузов / [С. В. Яковлев, И. Я. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов] / Под ред. С. В. Яковлева. – Москва : Стройиздат, 1990. – 510 с.
- 2 Водоотведение и очистка сточных вод : Учеб. для вузов / [С. В. Яковлев, С. В. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицун]. – Москва : Стройиздат, 1996. – 591 с.
- 3 Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : Учеб. для вузов / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва : АСВ, 2004. – 704 с.
- 4 Красавцев Г. Н. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии / [Г. Н. Красавцев, Ю. И. Ильичев, А. И. Кашуба]. – Москва : Металлургия, 1989. – 288 с.
- 5 Григорук Н. О. Водоснабжение, канализация и очистка сточных вод коксохимических предприятий / [Н. О. Григорук, Г. П. Пушкарев]. – Москва : Металлургия, 1987. – 120 с.
- 6 Ансеров Ю. М., Дурнев В. Л. Машиностроение и охрана окружающей среды / Ю. М. Ансеров, В. Л. Дурнев. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд., 1979. – 224 с.
- 7 Макаров В. М. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / [В. М. Макаров, Ю. П. Беличенко, В. С. Галустов]. – Москва : Машиностроение, 1988. – 272 с.
- 8 Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод : (Справ. пособие) / [А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер]; под ред. А. И. Жукова. – Москва : Стройиздат, 1977. – 204 с.
- 9 Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Под ред. В. Н. Самохина. Изд. 2-е. – Москва : Стройиздат, 1981. – 639 с.
- 10 Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод: Учеб. пособие – Днепропетровск : Континент, – 2004. – 93 с.
- 11 Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для физико-химической очистки производственных сточных вод : Учеб. пособие – Днепропетровск : Континент, 2004. – 127 с.
- 12 Проскуряков В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности. / В. А. Проскуряков, Л. И. Шмидт. – Л. : Химия, 1977. – 464 с.
- 13 СНиП 2.04.03–85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Москва: Стройиздат, 1986.
- 14 Отведение и очистка поверхностных сточных вод. / [В.С. Дикаревский, А. М. Курганов, А. П. Нечаев, М. И. Алексеев]. – Л. : Стройиздат, 1990. – 224 с.
- 15 Молоков М. В. Очистка поверхностного стока с территории городов промышленных площадок. / М. В. Молоков В. А. Проскуряков, В. Н. Шифрин. – Москва : Стройиздат, 1977. – 104 с.
- 16 Соколов Л. И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий. – Москва : Изд-во АСВ, 1997. – 256 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Вихідні дані для виконання РГР за варіантами

№ п/п	Параметри	Варіант											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Продуктивність цеху, тис. од./рік	4,5	6,0	8,0	4,7	5,2	4,9	5,8	6,1	4,6	5,0	7,0	7,7
2	Норма водовідведення цеху, м ³ /од. прод.	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
3	Коефіцієнт годинної нерівномірності	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
4	Якісний склад стічної води:												
	– завислі речовини, мг/л	450	510	600	470	630	565	490	460	500	610	585	600
	– нафтопродукти, мг/л	300	285	310	275	300	270	310	275	280	300	270	300
	– загальний солевміст, мг/л	1000	1500	1320	1430	1600	1210	1300	1170	1300	1410	1020	1370
	– рН	7,0	7,5	8,0	7,3	8	7,5	7,1	7,4	8,0	7,3	7,5	7,7
	– температура, °С	21	22	21	27	27	21	22	22	27	27	21	21

Продовження додатка А

Вихідні дані на виконання РГР за варіантами

№ п/п	Параметри	Варіант											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Продуктивність цеху, тис. од./рік	7,7	6,0	8,0	4,7	5,4	4,6	5,1	5,51	7,6	5,0	6,0	5,7
2	Норма водовідведення цеху, м ³ /од. прод.	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
3	Коефіцієнт годинної нерівномірності	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
4	Якісний склад стічної води:												
	– Завислі речовини, мг/л	480	510	570	500	530	565	460	5200	590	620	470	450
	– Нафтопродукти, мг/л	300	285	310	275	300	270	310	275	280	300	270	300
	– Загальний солевміст, мг/л	1270	1400	1380	1450	1300	1510	1200	1470	1500	1210	1020	1430
	– рН	7,1	7,4	7,0	7,3	8,0	7,6	7,8	7,4	8,0	7,0	7,2	7,5
	– Температура, °С	21	22	21	21	21	27	22	27	21	22	21	27

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ
ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД»**

*(для студентів денної і заочної форм навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
спеціалізації «Гідротехніка (Водні ресурси)»)*

Укладач **АЙРАПЕТЯН** Тамара Степанівна

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *Т. С. Айрапетян*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2016, поз. 114 М

Підп. до друку 31. 01. 2017. Формат 60х84/16

Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 0,85

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.