

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра Гідравліка та водопостачання

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття кваліфікаційного ступеня «магістр»

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
Спеціалізація Водопостачання та водовідведення
Тема Експериментальне дослідження ефективності роботи горизонтального
відстійника на Лівобережній станції аерації

Керівник магістерської роботи
Студент

доц. Машихіна П.Б.
Шиман Ілля Валерійович

Дніпро
2020 р.

Зміст

Анотація	
Вступ.....	
Розділ 1 Види Відстійників та нафтоуловлювачів.....	
1.1. Горизонтальний відстійник.....	
1.2. Радіальний відстійник.....	
1.3. Нафтовловлювач.....	
Розділ 2 Лівобережна станція аерації	
Розділ 3 Інтенсифікація первинного відстоювання стічних вод.....	
3.1. Попередня аерація.....	
3.2. Освітлювачі з природною аерацією	
3.3 Біокоагуляція	
Розділ 4 Технологічні схеми очисних станцій	
Розділ 5 Класифікація аеротенків за основними ознаками. Конструкції аеротенків	
5.1. Класифікація аеротенків	
5.2. Основні технологічні схеми очищення стічних вод в аеротенках.....	
5.3 Системи аерації в аеротенках.....	
Розділ 6 Експериментальні дослідження.....	
Висновки.....	
Список використаних джерел	

АННОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена дослідженню ефективності роботи горизонтального відстійника на Лівобережній станції аерації. Дослідження проведене на базі лабораторного експерименту, та за допомогою обчислювального експерименту на базі кафедри «Гідравліка та водопостачання» ДНУЗТ. Отримані дані можуть бути використані для підвищення ефективності очистки води на станціях аерації .

Мета роботи : Експериментальне дослідження процесу ефективності роботи горизонтального відстійника на Лівобережній станції аерації.

Об'єкт дослідження – очистка стічних вод на Лівобережній станції аерації.

Предмет дослідження – визначення ефективності роботи горизонтального відстійника .

Методи дослідження – лабораторний експеримент.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані дані можуть бути використані для підвищення ефективності очистки води на Лівобережній станції аерації.

Ключові слова : очистка води, горизонтальний відстійник, експеримент.

ABSTRACT

The master's thesis is devoted to the study of the efficiency of the horizontal settling tank at the Left Bank aeration station. The study was conducted on the basis of a laboratory experiment, and with the help of a computational experiment on the basis of the Department of "Hydraulics and Water Supply" DNUZT. The obtained data can be used to increase the efficiency of water treatment at aeration stations.

Purpose: Experimental study of the process of efficiency of the horizontal settling tank at the Left Bank aeration station.

The object of research - wastewater treatment at the Left Bank aeration station.

The subject of research is to determine the efficiency of the horizontal settling tank.

Research methods - laboratory experiment.

The practical significance of the obtained results. The obtained data can be used to increase the efficiency of water treatment at the Left Bank aeration station.

Key words: water purification, horizontal settling tank, experiment.

ВСТУП

Для видалення з виробничих стічних вод грубодисперсних мінеральних завислих речовин і нерозчинених органічних домішок застосовують відстійники різних типів. Відстоюванням можна виділити з води зважені частинки з щільністю, більшої або меншої щільності води певного розміру. Домішки меншого розміру видаляти практично неможливо, стічних вод до декількох діб, що економічно недоцільно.

Тривалість відстоювання визначається за швидкістю осадження зважених часток, яка знаходиться в залежності від їх радіусу, щільності і ступеня шорсткості

Для інтенсифікації процесу осадження високодисперсних зважених і колоїдних частинок застосовують різні коагулянти і флокулянти (сульфат алюмінію і двовалентного заліза, сульфат іліхлорид тривалентного заліза, а також флокулянти ВА-2, поліакриламід та ін.).

При використанні коагулянтів і флокулянтів швидкість осадження високодисперсних частинок зростає в 1,4-1,6 рази. Оскільки в потоці визначення швидкості осадження коагульованих зважених речовин неможливо, швидкість осадження частинок для розрахунку відстійників слід визначати на підставі експериментальної кривої їх процентного випадання. Для побудови цієї кривої по осі абсцис відкладають експериментальні числові значення тривалості відстоювання в хвилинах, а по осі ординат - кількість що випали зважених речовин в процентному відношенні до початкового їх змістом.

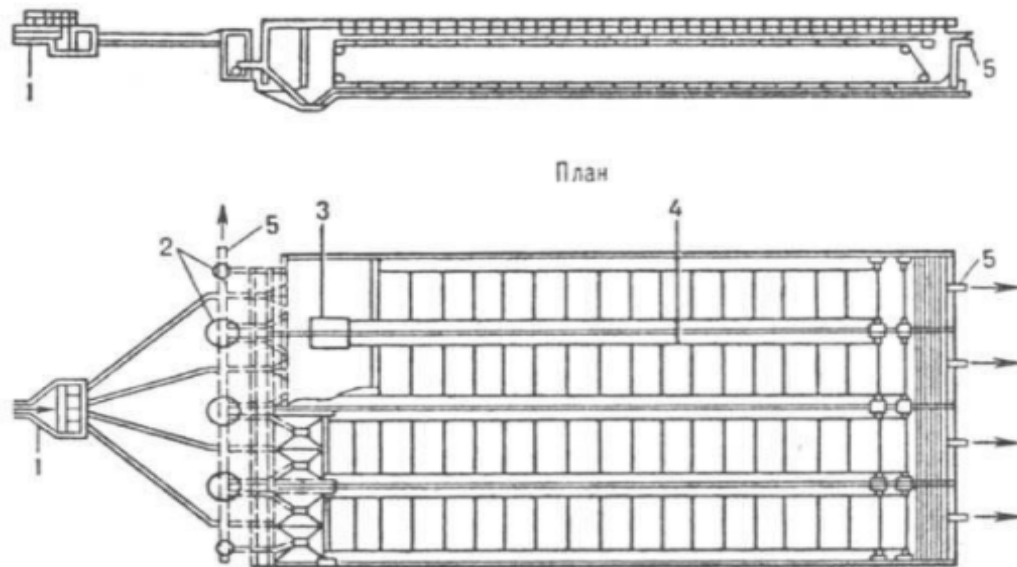
Залежно від вимог до якості освітленої виробничої стічної води застосовують горизонтальні і радіальні відстійники різної конструкції, які можуть бути обладнані камерами флокуляції.

РОЗДІЛ 1

ВИДИ ВІДСТІЙНИКІВ ТА НАФТОУЛОВЛЮВАЧІВ

1.1 Горизонтальні відстійники

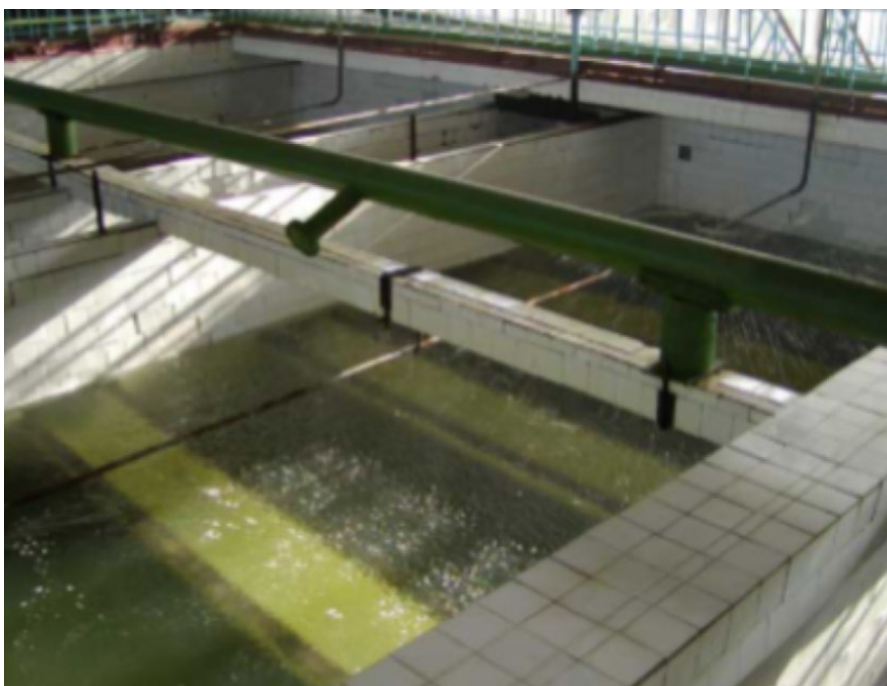
Горизонтальні первинні відстійники застосовуються в складі станцій очищення побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод і призначені для виділення зважених речовин з вод, що пройшли решітки та пісколовки.



(https://studfile.net/html/2706/1280/html_9UH313oL8N.pC8P/img-YQaE7Z.jpg)

Рисунок 1.1. Схема горизонтального отстойника

1- розподільна камера; 2 – мулові колодязі; 3 – електро привід; 4 – скребкові транспортери; 5 – відвідні трубопроводи



https://lh3.googleusercontent.com/proxy/4jSC6fY8nIC33iUbEgArTeadNU9MlCB_b5XVVJb3ex8VmEe2dHDLw5J218dVzXDOC4yKyO51E-Jadn6ihGH-MuHDyqjGMlaek7jMtMuW5D_gbr1B7yjtK7bCKzorPBsTSXNQBGOUusPLX_Vxz
w)

Рисунок 1.2. Горизонтального відстійника на станції аерації

Стічні води надходять у відстійники з розподільного аеріруемое лотка через впускний лоток і відводяться збірним лотком з двостороннім водозливом. Осад згрібається в муловий приямок скребковим механізмом і віддаляється плунжерними насосами. Плаваючі речовини збираються скребковим механізмом при зворотному ході і видаляються в кінці відстійника через поворотну трубу з щілиноподібними прорізами. Надійшли в збірний колодязь плаваючі речовини відкачуються для спільної обробки з осадом. Відстійники цього типу застосовують для очисних станцій з пропускною спроможністю $25000 \text{ м}^3 / \text{добу}$ і більше.

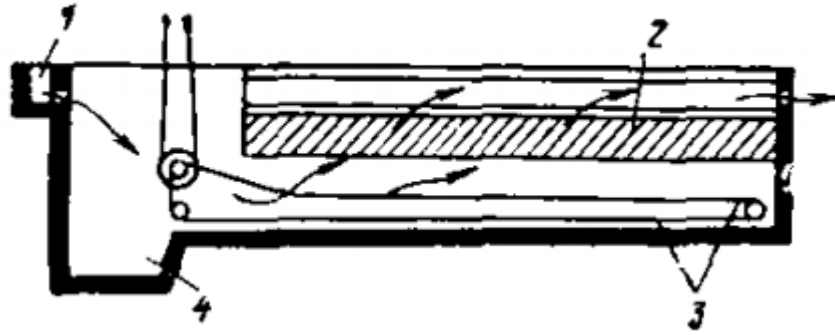


Рисунок 1.3. Горизонтальний відстійник з трубчастими елементами

1 — підвідний лоток; 2 — трубчасті елементи; 3 — скребковий пристрій; 4—
прямо́к

У зарубіжній практиці застосовують горизонтальні відстійники різних конструктивних модифікацій: багатоярусні, з попутним відбором освітленої води, з горизонтально-вертикальним потоком стічної води, з поперечними дефлекторами, з камерами флоакуляції і т. д.

Горизонтальні відстійники мають переваги, в тих випадках, якщо їх встановлено два або більше і вони мають одну спільну стіну, а також якщо швидко віддаляється осад.

На (рис. 1.1) показаний горизонтальний первинний відстійник, призначений для затримання осідають і спливаючих забруднень виробничих стічних вод заводів.

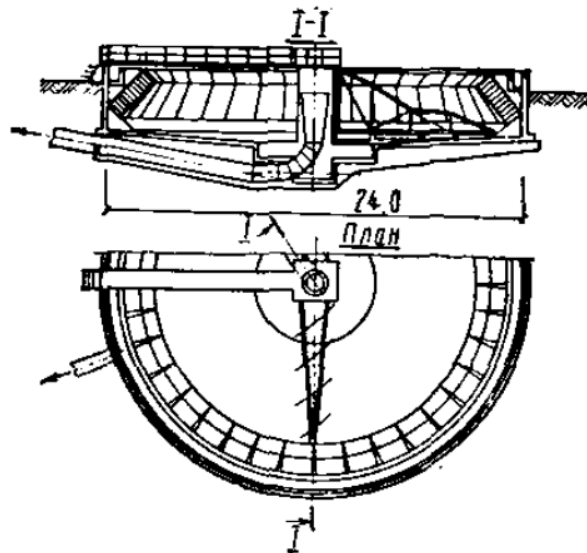
Відстійник є прямокутний залізобетонний проточний резервуар, що складається з чотирьох паралельно працюючих секцій. Вода рівномірно розподіляється через лоток з двостороннім переливом, після чого надходить в відстійну частина, в кінці якої знаходиться лоток для збору освітленої води. Для рівномірного розподілу стічної рідини за чотирма секціями відстійника застосовується розподільна камера. Спливаючі речовини збираються в

приймальний лоток і відводяться для зневоднення або утилізації. Підвищення ефективності роботи горизонтальних відстійників можливо за рахунок установки в них трубчастих або поличних блоків. Трубчастий відстійник представлений на рис. 1.2. Стічна вода надходить в камеру попереднього відстоювання, де відділяється основна частина механічних домішок. У трубчастих блоці осідає високодисперсна частина домішок. Осад сповзає по трубах і накопичується в донній частині відстійника, звідки періодично згрібається скребковим пристроєм в шламовий приямок. Збільшення навантаження в відстійниках з трубчастим блоком більш ніж в 3 рази в порівнянні зі звичайними відстійниками чи не порушує ефекту очищення. Збільшення навантаження в відстійниках з трубчастим блоком більш ніж в 3 рази в порівнянні зі звичайними відстійниками чи не порушує ефекту очищення.

1.2 Радіальні первинні відстійники

Рисунок 1.. а),б) Радиальные первичные отстойники

а)



б)



(https://studfile.net/html/18237/583/html_TeJ480A2C8.ZE4l/img-DHRy7A.jpg)

Рис. 1.3. Первинний радіальний відстійник з багатошаровими блоками з паралельних пластин

Радіальні первинні відстійники з периферійним впуском води і багатоярусними блоками застосовуються для механічного очищення побутових і виробничих стічних вод. Стічна вода по кільцевому лотку надходить в простір, утворене багатошаровими блоками і бортом відстійника, проходить через блоки, де виділяється основна частина механічних домішок, і направляється у внутрішнє вільний простір відстійника. З відстійника освітлена вода відводиться по центральній трубі (рис. 1.3.).

Багатошарові блоки встановлюються з нахилом до горизонту по периферії відстійника. Осад, сповзаючи по пластинах блоків, випадає на дно відстійника і видаляється скребковим механізмом. Багатошарові блоки, крім того, сприяють рівномірному по периметру і по глибині розподілу стічної води у відстійнику. Ці споруди мають пропускну здатність в 1,5- 2 рази вище, ніж звичайні радіальні відстійники з центральною подачею води. Радіальні первинні відстійники з центральним впуском води застосовуються в комплексі споруд, призначених для очищення побутових і близьких до них за складом виробничо-побутових стічних вод. Розрахункові дані для застосування цих відстійників наведені в (табл, 1.1)

Параметри	Пропускна здатність очисної станції тис. м ² /доб							
	25	35	50	70	100	140	200	280
Розрахункова витрата м ³ /год	1400	1900	2600	3500	4900	6700	9600	13500
Розрахунковий об'єм м ³ , при тривалості відстоювання 1,5 год.	2100	2850	3900	5250	7350	10050	14400	20200
Діаметр, м.	18	18	24	24	30	40	40	50
Кількість	3	4	3	4	4	3	4	3
Фактичний об'єм м ³	2360	3160	4200	5600	8760	13750	18300	27060
Фактична тривалість відстоювання, год,	1.7	1.7	1.6	1.6	1.8	2.1	1.9	2

Таблиця 1.1

Радіальний відстійник (рис. 1.4) застосовується для очищення побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод. Він являє собою круглий в плані залізобетонний резервуар великого діаметра (18 - 60 м) і щодо малої глибини проточної частини (1,5 - 5 м). Найбільшого поширення набули відстійники з центральним впуском рідини.

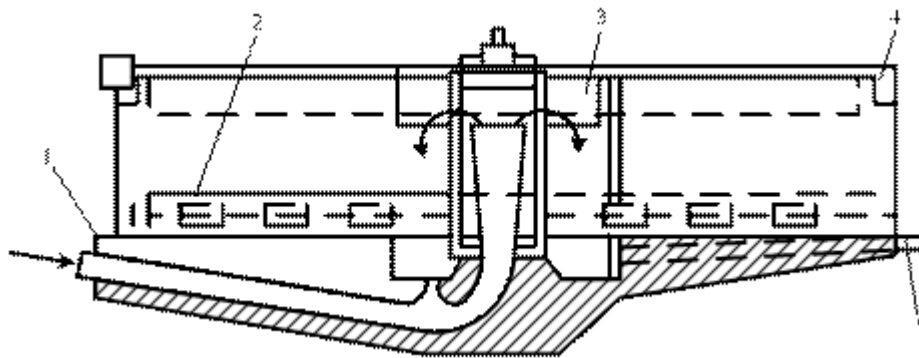


Рисунок.1.4 Радіальний відстійник:

- 1 - труба для подачі води; 2 - скребки; 3 - розподільна чаша;
- 4 - водозлив; 5 - відведення осаду

Стічна рідина подається по центральній трубці, розташованій під днищем відстійника. Труба має невелике розширення для погашення швидкості руху рідини. Стічна вода розподіляється по всьому об'єму відстійника за допомогою розподільної чаші. Потім потік рухається в радіальному напрямку з порядку спадання швидкістю від центру до периферії.

При цьому відбувається випадання осаду, який згрібається до центру шкребками, підвішеними до ферми. З напрямку осад видаляється насосом або під

дією гідростатичного тиску. Освітлена вода відводиться по кільцевому збірному жолобу. Тривалість відстоювання становить 1,5 год. Радіальний відстійник забезпечує найвищий ефект освітлення (60% і більше). Він застосовується на станціях великої продуктивності (більше 20000 м³ / доб). Радіальні відстійники в порівнянні з горизонтальними мають деякі переваги: простота і надійність експлуатації, економічність, можливість будівництва споруджень більшої продуктивності. Недостаток – наявність подвижної ферми со скребками.

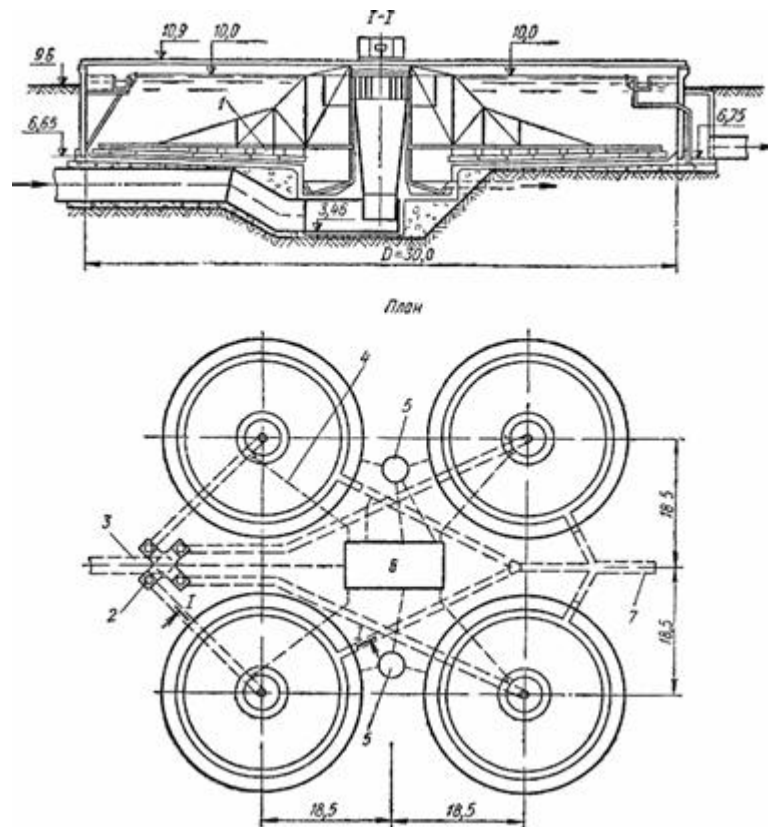


Рисунок. 1.5. Робоче креслення радіального відстійника

Відстійники з камерою флокуляції експлуатуються в системах оборотного водопостачання газоочистки доменної печі об'ємом 5000 м³, а також широкосмугового стану 2000 м³ гарячої прокатки при навантаженні 3 (м³ / рік). Концентрація в освітленій воді становить, мг / л: без коагуляції - завислих

речовин 75- 95, масел 55-65; при коагуляції хлорним залізом і ПАА - завислих речовин 55-65, масел 45-55.

Радіальний первинний відстійник з обертовим збірно-розподільним пристроєм, обладнаний обертовим жолобом глибиною 0,5 1,5 м, розділеним поздовжньої перегородкою на дві частини. Стічна вода надходить в одну з частин жолоби з центрально розташованої водоподаючої труби і через вертикальні щілини, утворені і регульовані струменеспрямовуючою лопатками, зливається у відстійник. Освітлена вода надходить в іншу частину жолоба через зливний борт і відводиться за межі відстійника (рис.1.6)

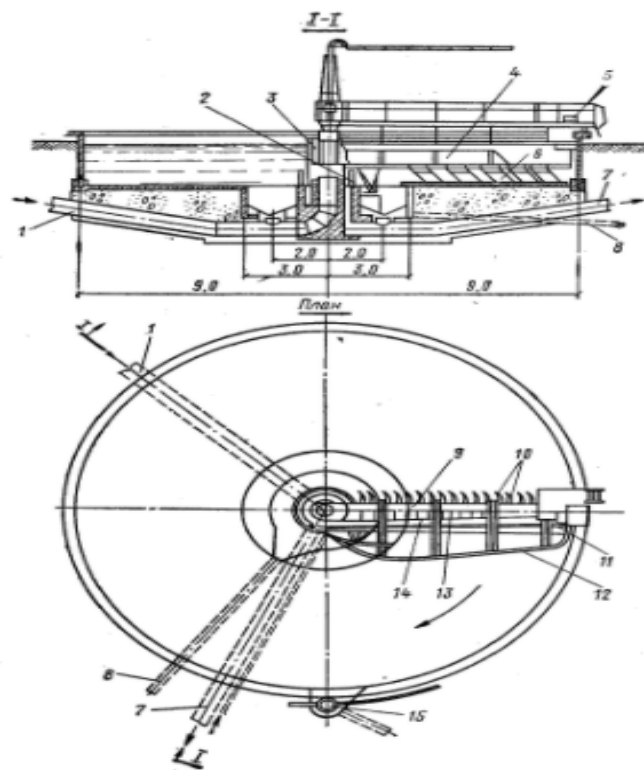


Рисунок. 1.6. Первинний відстійник з обертовим збірно-розподільним пристроєм (за годинниковою стрілкою) 1 — водовідвідний дюкер; 2 — повітряний затвор; 3 — центральна чаша; 4 — збірно-розподільчий пристрій; 5

— привід; 6 — скребки; 7 — трубопровід освітленої води; 8 — мулопровід; 9 — затоплений лоток; 10 — лопатка; 11 — водозлив; 12 — напівзанурена дошка; 13 — щілинне днище; 14 — перегородка; 15 — поплавковий жиробірни́к.

Стічна вода знаходиться в відстійнику практично в нерухомому стані, тому зважені речовини осідають з тією ж швидкістю, що і в лабораторних умовах. СВони можуть бути класифіковані за такими ознаками (рис. 1.7):

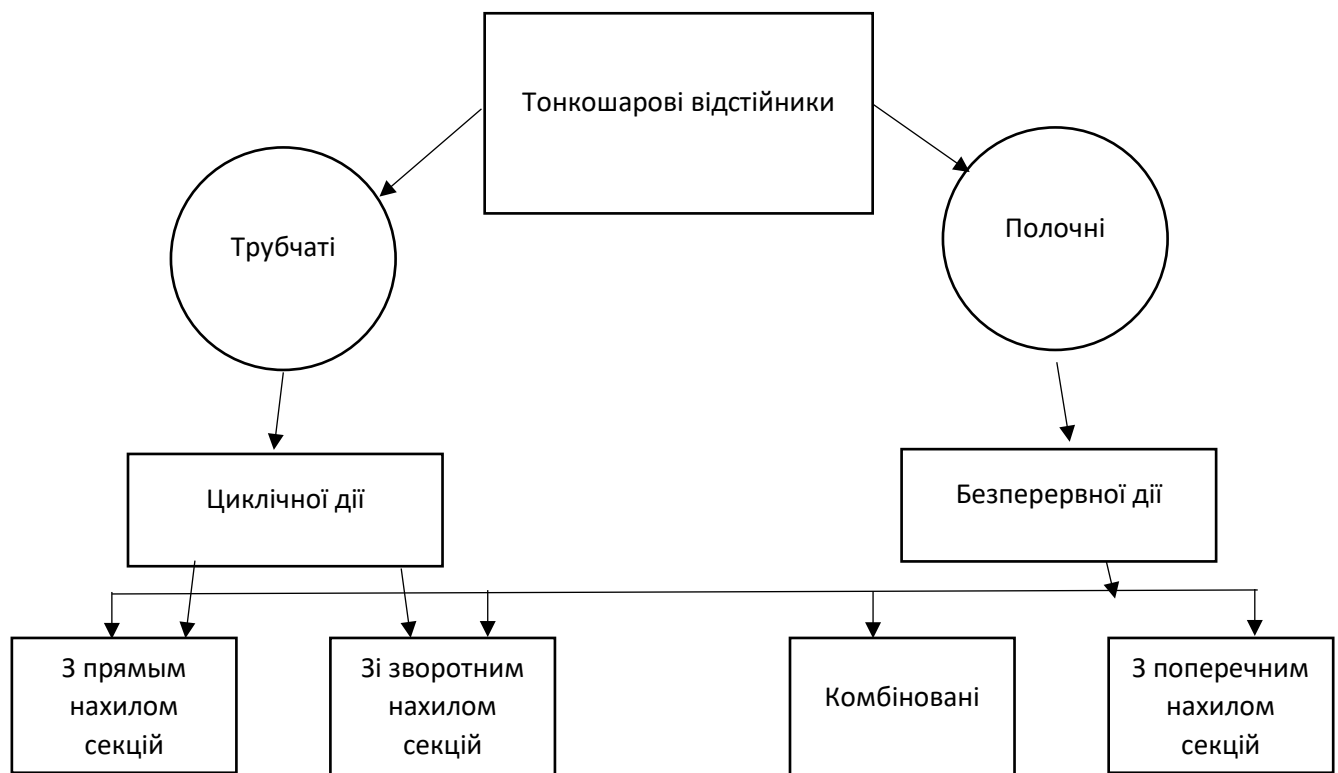


Рисунок.1.7. Класифікація тонкошарових відстійників

По конструкції похилих блоків (трубчасті і поличні), що встановлюються під кутом $45^\circ - 60^\circ$ (крутопохилі); по режиму роботи (циклічного і безперервної дії); за нахилом полиць або труб щодо руху стічної води (з поздовжнім прямим, зворотним або комбінованим нахилом і з поперечним нахилом). Трубчасті секції мають прямокутний (квадратне), шестикутна або круглий поперечний переріз, можуть працювати з більш високими швидкостями в порівнянні з поличними, монтується з окремих труб або блоків, виготовлених індустріально. Поличні секції мають перетин у вигляді прямокутника, у якого $B = H$ вони монтується з плоских або волокнистих плит, зручні в експлуатації і менш матеріалоемки, ніж трубчасті.

Тонкошарові відстійники циклічної дії характеризуються невеликим нахилом блоків; накопичується в них осад видаляється промиванням зворотним струмом освітленої води і іншими способами. Відстійники безперервної дії відрізняються значним нахилом блоків, що забезпечує постійне видалення що виділяються забруднень в зону накопичення, в зв'язку з чим не потрібно їх часта промивка.

У відстійниках з поздовжнім нахилом блоків вода рухається; зверху вниз - при прямому нахилі, знизу вгору - при зворотному нахилі і поперемінно - при комбінованому розташуванні блоків. У відстійниках з поперечним нахилом блоків вода рухається горизонтально, а блоки нахилені в площині, перпендикулярній напрямку руху стічної води.

Вибір типу тонкошарового відстійника визначається в першу чергу характером забруднень, що містяться в очищується виробничої стічної воді. Відстійники циклічної дії (зі зворотним нахилом блоків) доцільно застосовувати при освітленні стічних вод від грубодисперсних домішок, концентрація і гідравлічна крупність яких мають невисокі значення.

Відстійники безперервної дії з прямим нахилом блоків ефективні при очищенні стічних вод, забруднених переважно спливаючими домішками

(наприклад, нафтою і нафтопродуктами) і порівняно невеликою кількістю важких осідають частинок (наприклад, піску). Навпаки, відстійники зі зворотним нахилом блоків (безперервної дії) доцільно застосовувати для очищення стічних вод, в забрудненні яких переважають осідають речовини.

Відстійники з комбінованим і поперечним нахилом блоків є універсальними і придатні для виділення як спливаючих, так і осідають домішок. Практично трубчасті і поличні відстійники по ефективності мало відрізняються один від одного. Близькі та технологічні показники відстійників з комбінованим і поперечним нахилом секцій. Тому та чи інша конструкція для конкретних умов застосовується на підставі техніко-економічного розрахунку.

Тонкошарові відстійники допускають різну компоновку окремих елементів (розподільчої і збірної зон, відстійних секцій, осадової частини), що дозволяє варіювати в широких межах будівельні розміри споруди в цілому, виходячи з місцевих умов і наявності матеріалів для тонкошарових блоків.

Вихідними даними для розрахунку тонкошарових відстійників служать: Q — витрата виробничої стічної води, $\text{м}^3/\text{с}$; u — найменша гідравлічна крупність підлягають затриманню частинок, $\text{мм}/\text{с}$; C_1, C_2 — концентрація зважених речовин відповідно у вихідній і очищеній воді, $\text{мг}/\text{л}$; t — тривалість накопичення осаду (або спливаючих домішок); P — вологість осаду (або спливаючих частинок) перед випуском з відстійника, %; ρ — щільність осаду (або спливаючих домішок) при вологості P , $\text{кг}/\text{м}^3$. Розрахункові формули наведені в таблиці. Вибравши тип відстійника, призначають H, v, a (або ρ) в зазначених в таблиці межах, керуючись технологічними і конструктивними міркуваннями. Для відстійників циклічної дії кут a визначається з умови забезпечення мінімальної довжини відстоювання в залежності від u та v . Перевага тонкошарових відстійників перед звичайними полягає в меншій тривалості відстоювання стічної води, що досягається поділом загальної висоти потоку на ряд тонких паралельно працюють, шарів. Розрахункові параметри і

техніко-економічні показники тонкошарових відстійника і працюють по противоточній схемою. Висота ярусу в поличному блоці 0,035 м, довжина ярусу 0,96 м, число ярусів 26. Загальна висота блоку 2 м. Кут нахилу блоку 60 °. Матеріал блоків - вініпласт листової $\delta = 2,5$ мм. Розрахунковий витрата води на групу з двох відстійників 5,5 тис. М3 / год. Тривалість відстоювання 0,8 ч.

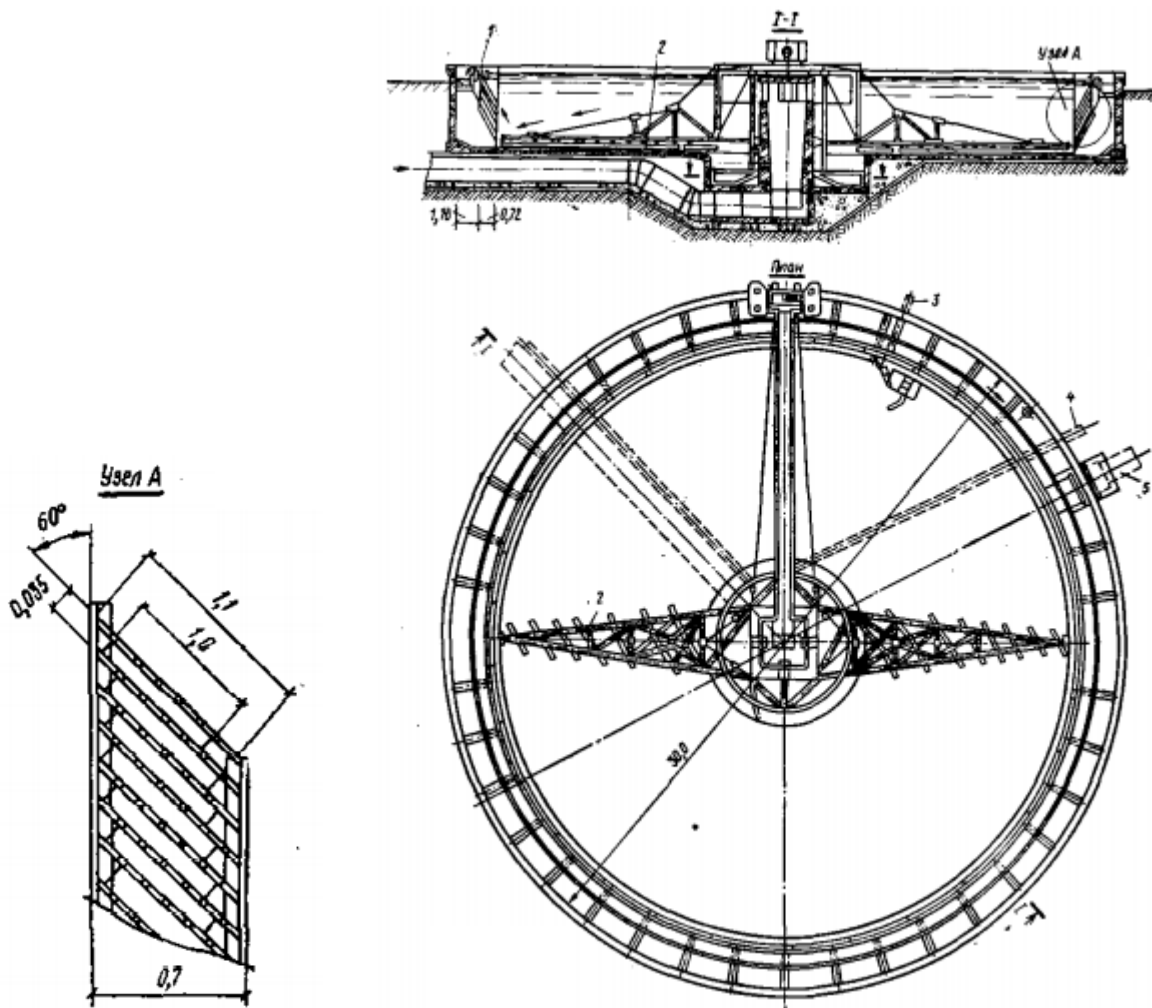


Рисунок. 1.7. Відстійник, обладнаний поличними блоками

1 — поличні блоки: 2 — Мулоскреб ППР-30: 4 — трубопровід сирого осаду; 5 — трубопровід освітленої води.

1.3 Нафтовловлювачі

Нафтовловлювачі застосовують для очищення стічних вод, що містять грубодиспергірованіе нафту і нафтопродукти при концентрації більше 100 мг / л. Ці споруди є прямокутні витягнуті в довжину резервуари, в яких відбувається поділ нафти і води за рахунок різниці їх щільності. Нафта спливає на поверхню, а що містяться в стічній воді мінеральні домішки осідають на дно нафтовловлювача. Виділення спливаючих домішок з води по суті аналогічно осадження твердих суспендованих частинок; відмінність лише в тому, що щільність частки ρ_2 в цьому випадку менше щільності води ρ_1 і частка замість осадження спливає.

Одним із способів інтенсифікації відстійних споруд, в тому числі нефтеловушек, є застосування в них принципу тонкошарового відстоювання. Зі зменшенням глибини скорочується тривалість виділення забруднень із стічних вод і досягається більш рівномірний розподіл води по живому перерізу споруди. Це дозволяє значно зменшити вплив коливань витрати стічних вод, концентрації нафти і нафтопродуктів у воді, що надходить на очистку, і її температури на ефективність роботи нафтовловлювача.

Для тонкошарового відстоювання робочий об'єм нафтовловлювача розділяється похилими паралельними пластинами, об'єднаними в блоки, на окремі яруси. Нафтовловлювачі, обладнані такими блоками, отримали назву багатоярусних поличних нафтовловлювачів і знаходять широке застосування в практиці очищення нафтовмісних стічних вод. Таке рішення дозволяє збільшити пропускну здатність нафтовловлювача в 1,5-2 рази.

Для обладнання типового нафтовловлювача продуктивністю 198 м³ / год в кінці її перед напівзануреної перегородкою встановлюються поличні блоки з

висотою ярусу $h_{\text{яр}} = 100$ мм. Полки нахилені під кутом 60° , при цьому відстань між ними, розмір перпендикулярній площині полиць, становить 50 мм. Розрахунки показали, що при довжині ярусу 1,5 м і ширині полиць простору 5,8 м його довжина складе 2 м.

Нафтовловлювач з полицьними блоками, встановленими перед напівзануреної перегородкою, працює наступним чином. Потік стічної води, вийшовши з водорозподільчих труб з патрубками, проходить через щілинну водорозподільчу перегородку і потрапляє в відстійну частина нефтеловушки. Тут зі стічної води виділяється основна кількість що знаходяться в ній нафтопродуктів і осідають домішок. Далі потік води проходить через полицьні блоки, в яких відбувається її доочищення, що забезпечує надійне видалення всіх частинок нафтопродуктів гідравлічною крупністю 0,7 мм / с і більше. Пройшовши через яруси блоку зверху вниз, освітлена вода проходить під напівзануреної перегородкою і віддаляється в водозбірний лоток. При цьому нафтопродукти, що виділилися з води в ярусах блоку, рухаються вгору назустріч потоку і збираються на поверхні води разом з нафтопродуктами, що виділилися в відстойній частині нафтовловлювача.

Нафтопродукти скребками сгоняються до нафтозбиральних труб і виводяться через неї. Осад, виділений з води в відстойній частині нафтовловлювача, скребками згрібається в приямок і видаляється за допомогою гидроельватора. Так як у воді, що надходить в полицьні блоки, кількість осідають забруднень буде дуже мало, кількість осаду, що накопичується під блоками, буде також незначно, і його можна видаляти при періодичних чистках нафтовловлювача. Полицьні блоки у нафтовловлювачі встановлюються на підставку, зварену з куточків. Простір, не зайняте блоками, перекривається металевими щитами, що забезпечує прохід потоку води тільки через яруси блоку (див. Рис. 2.32). Полицьні блоки виготовляються з поліпропілену. Товщина полиць 3-4 мм. Для

зовнішнього каркаса, з метою надання блоку жорсткості, застосовується пластмаса товщиною 10- 12 мм. Полиці до каркасу приварюються.

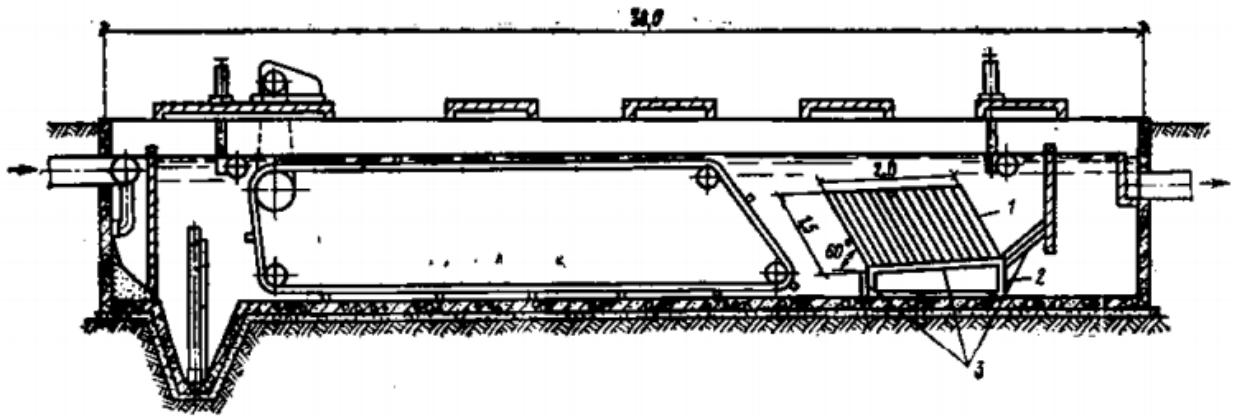


Рисунок. 1.9. Схема переобладнання типового нафтовловлювача

1 - полочні блоки; 2 — підставка; 3 — металеві щити

Введення паралельних блоків або пластин в живий перетин нафтовловлювача дозволяє більш рівномірно розподілити потік води. У багатоярусного нафтовловлювача коефіцієнт використання об'єму вище, ніж у звичайній, і досягає 95 - 100%. Ефект освітлення стічної води 60 - 93%. Гідравлічне навантаження 4 м³ / м³ в 1 ч. У багатоярусного нафтовловлювача при рівному ефекті освітлення навантаження більше, ніж в типових нафтовловлювачах.

Нафтовловлювач з паралельними пластинами за кордоном застосовується для обробки стічних вод нафтопереробних заводів. Установка складається з одного або декількох відділень прямокутного перетину, забезпечених паралельними пластинами, нахиленими під кутом 45 ° і розташованими одна від одної на відстані близько 100 мм (рис. 1.10).

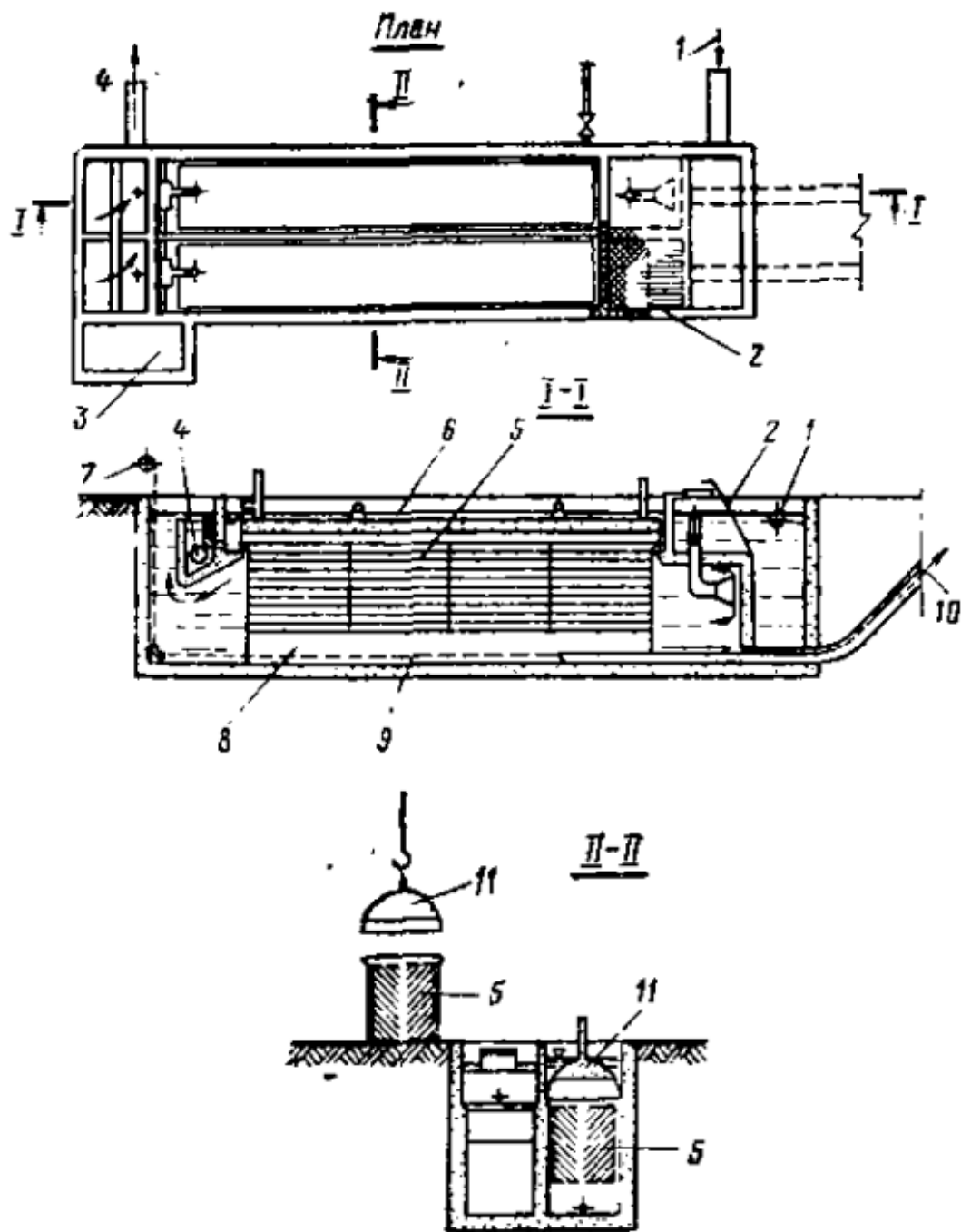


Рисунок. 1.10. Нафтовловлювач з паралельними пластинами для тонкошарового відстоювання

1 — подача води на обробку; 2 — стінка; 3 — колодязь для збору нафти; 4 — відведення обробленої води; 5 — окремі пластини; 6 — труба для збору нафтопродуктів; 7 — лебідка для монтажу труб; 8 — осадова частина нафтовловлювача; 9 — гнучка труба; 10 — відведення осаду; 11 — купольний звід

Що підлягає обробці вода надходить в басейн між пластинами. Частинки нафти, піднімаючись догори, прилипають до пластин, агрегуються і завдяки похилому положенню пластин пересуваються догори і в сторону вільної водної поверхні. Крім різниці в щільності між нафтою і водою ця система використовує також «перегородковий ефект», який полегшує скупчення нафти на поверхні в напрямку руху рідини.

Накопичився таким шляхом шар нафти, утримуваний металевою кришкою, піднімається по трубі під дією гідростатичного тиску і переливається в трубопровід, що направляє нафту до збірки. Більш важкі речовини випадають на дно, тому установка забезпечена пристроєм з гнучкою труби для збору і вивантаження осаду. Для підтримки оптимальних умов роботи і полегшення експлуатації нафтоуловлювачі доцільно перед нею встановити песколовку для осадження піску і тому подібних важких домішок, що містяться в стічній воді.

Нафтовловлювачі цього типу мають переваги відносно як ефективності, так і економічності. Скорочений шлях частинок нафти до поверхні поділу забезпечує набагато меншу тривалість перебування у нафтовловлювача в порівнянні з тривалістю в традиційних установках. Звідси випливає, що можна зменшити обсяг споруди і скоротити вартість їх будівництва.

Коефіцієнт корисної дії нафтовловлювача залежить від наступних факторів: відносини відстані між пластинами до висоти води в басейні, швидкості руху води в басейні, розмірів частинок масла, їх первісної концентрації і температури води.

З переваг слід відзначити, що відділювач з паралельними пластинами здатний затримувати частинки діаметром до 75 мкм. Крім того, оскільки відділювач закритий, тут немає просочування неприємного запаху або займистих парів. Це дозволяє локалізувати їх поблизу джерел забруднення, що є безперечною перевагою в зв'язку зі скороченням тривалості контакту масла з водою. При відсутності турбулентності або завихрень в каналізації виключається утворення емульсій.

Для механічного очищення великих витрат виробничих стічних вод, що містять нафту і нафтопродукти, застосовують радіальні нафтовловлювачі, в яких передбачається принципово нова система розподілу відстоюється води, що дозволяє в значній мірі підвищити коефіцієнт використання обсягу споруди.

Нафтоуловлювач (рис. 1.11) обладнана обертовим механізмом з донними і поверхневими скребками для згрібання осаду і згону нафтопродуктів і має центральний привід. Розрахункова пропускна здатність нафтовловлювача діаметром 30 м становить 1100 м³ стічної води в 1 ч.

При застосуванні такого нафтовловлювача забезпечується значна економія капітальних і експлуатаційних витрат, улучшається якість очищення стічних вод і спрощується робота експлуатаційного персоналу в порівнянні з існуючими горизонтальними нафтовловлювачами.

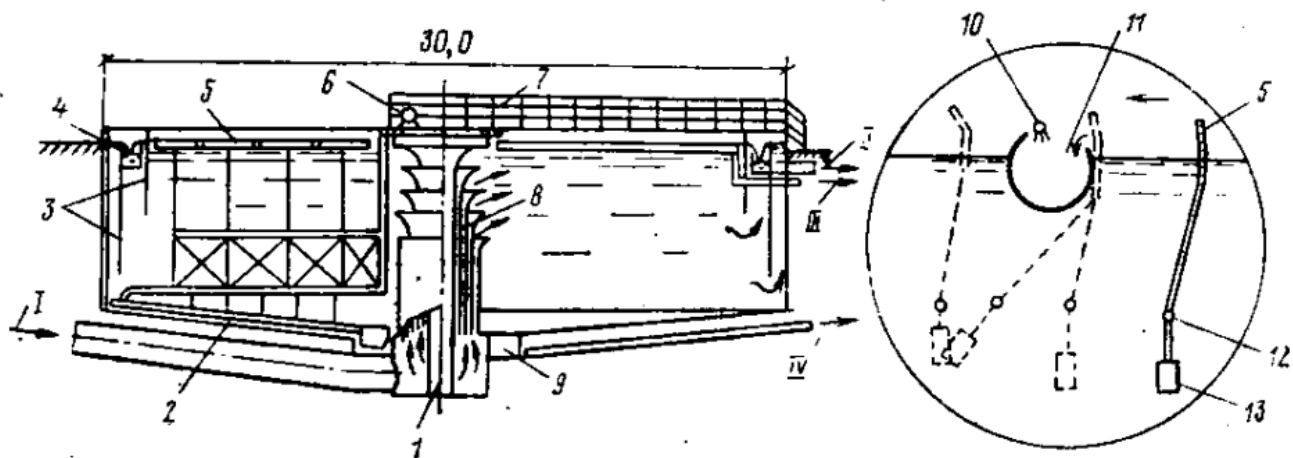


Рисунок. 1.11. Нафтовловлювач радіального типу

1 — подаючий трубопровід нефтесодержащої води; 2 — відводячий трубопровід освітленої води; 3 — трубопровід уловлених нафтепродуктів; 4 — трубопровід осаду; 5 — центральний привод скребоккового механізму; 6 — ходовий мостик; 7 — коаксіально-козырьковий водораспределитель; 8 — приямок для осаду; 9 — трубопровід з брызгальними насадками; 10 — нефтесборная труба; 11 — шарнир; 12 — протівовес

РОЗДІЛ 2

ЛІВОБЕРЕЖНА СТАНЦІЯ АЕРАЦІЇ

Перша черга Лівобережної станції аерації потужністю 12 тисяч кубометрів на добу була побудована в 1961 році.

У 1968 році за підтримкою заводу ім. Карла Лібкнехта введена до ладу друга черга потужністю 60 тисяч кубометрів на добу. Її проект розробляв Одеський інститут «Укргіпрокомунбуд».

Проект третьої черги підготувала Дніпровська філія інституту «ХаркомунНІІпроект». У ролі генпідрядника виступив трест «Дніпроважбуд».

У 1987 році став до ладу перший пусковий комплекс потужністю 28 тисяч кубометрів на добу.

Другий пусковий комплекс (25 тис. м³ на добу) введений у 1988 році.

Третій (47 тис. м³ на добу) – 2000 році.

Уперше в Дніпрі на ЛСА був збудований цех доочищення з гравійними фільтрами, а також механічний цех, де в комплексі очисних споруд була застосована технологія зневоднювання осаду на барабанних вакуум-фільтрах другої черги і центрифугах третьої черги.



<https://vodokanal.dp.ua/vodovidvedennya/>)

Рисунок 2.1. Вид зверху Лівобережна станція аерації

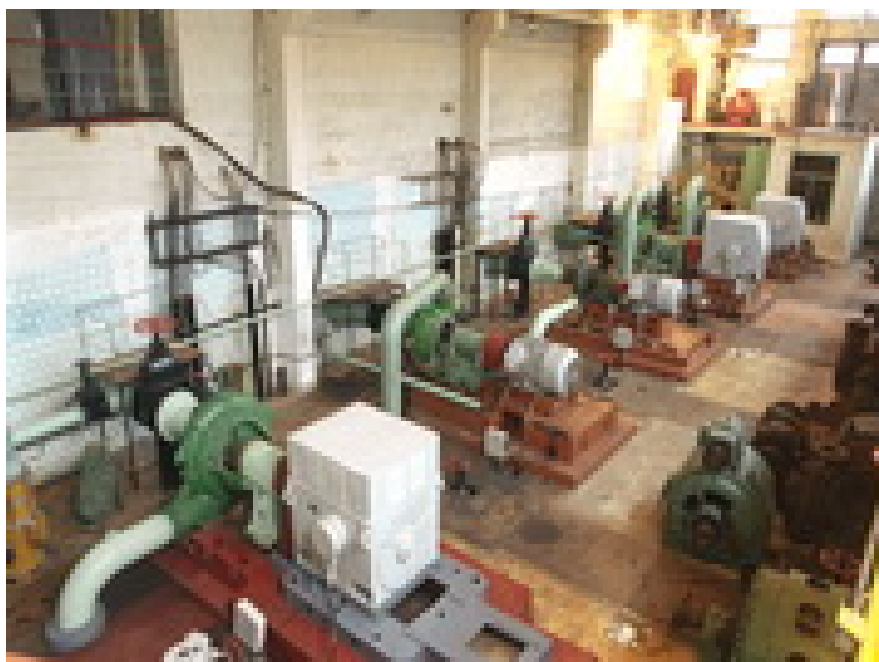


Рисунок 2.2 Лабораторні устаткування на Лівобережній станції аерації

[\(https://vodokanal.dp.ua/vodovidvedennya/\)](https://vodokanal.dp.ua/vodovidvedennya/)

РОЗДІЛ 3 ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПЕРВИННОГО ВІДСТОЮВАННЯ СТІЧНИХ ВОД

3.1 Попередня аерація

За останній час розроблені й досліджені різноманітні методи інтенсифікації процесу первинного відстоювання стічних вод. Найкращі результати дає введення в стічні води перед первинними відстійниками мінеральних коагулянтів (сірчаноокислий алюміній, вапно, сірчаноокисле чи хлорне залізо й ін.), а також синтетичних флокулянтів, обладнання відстійників тонкошаровими блоками. Однак найбільшого розповсюдження на міських очисних станціях набули методи інтенсифікації первинного відстоювання, пов'язані з аерацією стічних вод і з використанням біофлокулюючих властивостей надлишкового активного мулу та біоплівки.

При початкових концентраціях завислих речовин у стічних водах 300–400 мг/л і вище необхідний ефект первинного відстоювання може досягати 70–80 %. Первинні відстійники відомих конструкцій забезпечують затримання зазвичай 40–55 % завислих речовин, тому їх концентрація в освітлених стічних водах перед надходженням в аеротенки чи на біофільтри може значно перевищувати рекомендовані значення 100–150 мг/л. У такому випадку для забезпечення необхідного ефекту первинного відстоювання стічних вод необхідно інтенсифікувати процес осадження завислих речовин.

Отже, преаератори і біокоагулятори застосовують для збільшення ефекту прояснення стічних вод при первинному відстоюванні, зокрема за наявності у воді, що надходить, завислих речовин більше за 300 мг/л. Ці споруди не є обов'язковими й застосовують їх у тому випадку, якщо розрахунок показує, що первинного відстійника недостатньо для досягнення необхідного ефекту очищення.

Найпростішим методом інтенсифікації є *попередня аерація (преаерація)* стічних вод, яка здійснюється в каналах, що підводять стічні води до первинних

відстійників, чи в спеціальних спорудах – преаераторах, розміщених перед відстійниками. Тривалість аерації при цьому складає 15–25 хв, а витрата повітря – близько 0,5 м³ на 1 м³ аерованих стічних вод. У процесі преаерації відбувається флокуляція й коагуляція дрібних частинок нерозчинених домішок у стічній воді, щільність яких мало відрізняється від щільності самої води. У результаті ці частинки змінюють свою гідравлічну крупність і швидше осідають при подальшому відстоюванні. Крім цього, спостерігається деяке зменшення БПК стічних вод, покращується відділення жирів, масел, нафтопродуктів, унеможлиблюються анаеробні процеси у відстійниках, покращується наступне біологічне очищення стічних вод в аеротенках чи на біофільтрах.

Преаератори слід застосовувати на станціях очищення стічних вод з аеротенками. Преаератори влаштовуються перед первинними відстійниками й можуть конструктивно з ними поєднуватися. Преаератори виконують у вигляді окремих, вбудованих або прибудованих до первинних відстійників споруд. Застосування цих споруд при великій кількості зважених речовин дозволяє знизити будівельний обсяг споруд. Конструктивно вони являють собою прямокутні резервуари з висотою H_{set} , що дорівнює глибині проточної частини відстійника, й з шириною B , що дорівнює $1-1,5 H_{set}$.

Однак, як показує вітчизняний досвід, проста аерація (без додавання активного мулу) малоефективна; збільшує ефект первинного освітлення стічних вод за завислими речовинами і БПК_{повн.} лише на 5–8 %.

Попередня аерація сприяє (за рахунок повнішого виділення зважених частинок) кращій підготовці стічних вод до наступного їхнього біологічного очищення. Більш високий ефект видалення зважених речовин і зниження БПК стічних вод дає попередня аерація з додаванням надлишкового мулу з вторинних відстійників.

3.2 Освітлювачі з природною аерацією

Освітлювач з природною аерацією на базі вертикального відстійника з вбудованою камерою флокуляції (рис. 5.1), запропонований проф. С. М. Шифріним, являє собою споруду, в якій аерація відбувається за рахунок підсмоктування атмосферного повітря струминою стічних вод, що падає в центральну трубу з підвідного лотка. Для того, щоб бульбашки атмосферного повітря захоплювались потоком стічних вод і транспортувались разом з ним вниз до виходу в камеру флокуляції, різниця відміток рівнів води в підвідному лотку та в освітлювачі повинна складати 0,6 м, а швидкість руху стічних вод у центральній трубі – 0,5–0,7 м/с.

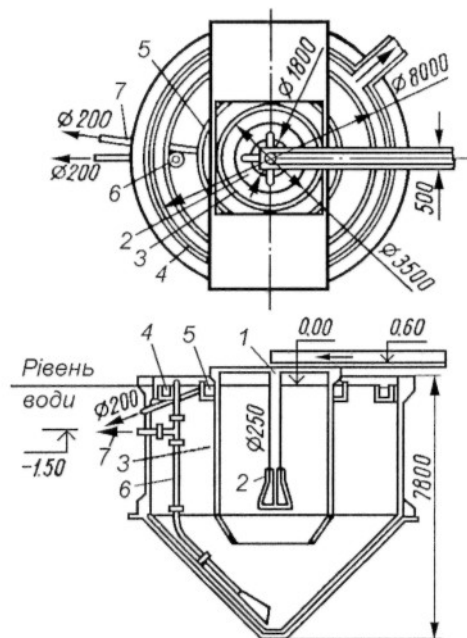


Рис. 3.1 – Освітлювач з природною аерацією:

- 1 – центральна труба; 2 – відбивальний конус; 3 – камера флокуляції;
4 – водозбірний лоток; 5, 7 – відповідно лоток і труба для видалення плаваючих речовин; 6 – трубопровід для видалення осаду

У камері флокуляції пухирці повітря спливають і аерують стічну воду, що сприяє флокуляції зависі. Тривалість перебування стічних вод в камері флокуляції становить 20 хв, глибина камери приймається 4–5 м. Надлишковий активний мул у стічні води перед освітлювачем не вводять.

У зоні відстоювання освітлювача формується шар завислого осаду, при проходженні через який стічних вод затримуються дрібнодисперсні завислі речовини. При цьому швидкість висхідного потоку стічних вод в зоні відстоювання повинна складати 0,8–1,5 мм/с. Освітлені стічні води відводяться через круговий периферійний лоток. Затриманий осад під гідростатичним тиском по трубі видаляється у муловий колодязь. Плаваючі речовини видаляються у муловий колодязь із кільцевого лотка, розміщеного зовні камери флокуляції.

Згідно зі СНіП 2.04.03–85 [5] освітлювачі з природною аерацією забезпечують зниження концентрацій завислих речовин – до 70 %, а БПК_{повн} – до 15 %. Розроблені типові проекти освітлювачів діаметром 6 (ТП 902–2–152) і 9 м (ТП 902–2–153).

3.3 Біокоагуляція

Більш ефективною, ніж два розглянуті вище способи інтенсифікації є попередня аерація стічних вод разом з надлишковим активним мулом, який має хороші сорбційні властивості і здатність до біологічної флокуляції.

Аерація стічних вод може здійснюватися як без додавання до них надлишкового мулу з вторинних відстійників після біофільтрів або аеротенків, так і з додаванням такого мулу. В останньому випадку процес називається *біокоагуляцією*. Отже, біофлокуляція – це метод інтенсифікації процесу відстоювання, що полягає в додаванні до стічної води активного мулу (біоплівки) і аерації отриманої суміші. При цьому ефективність прояснення збільшується до 60–80 %, а зниження БПК – на 4–50 %. Біофлокуляція

здійснюється в таких спорудах, як преаератори й біофлокулятори. Крім фізико-хімічних процесів (коагуляції, флокуляції й сорбції) при біокоагуляції відбувається біохімічне окислювання деякої частини легкоокислюваних розчинених речовин.

Зазвичай у преаератори подають так званий регенований активний мул, біофлокуляційні властивості якого найкращі. За відсутності регенераторів передбачають можливість регенерації активного мулу шляхом його аерації безпосередньо в преаераторах, для чого під регенератори виділяється до 25–30 % від їхнього загального об'єму.

Попередня аерація стічних вод у каналах чи окремих спорудах має один суттєвий недолік – укрупнені під час преаерації частинки зависі руйнуються під час руху стічних вод до відстійника. Тому доцільним є конструктивне поєднання процесів преаерації та відстоювання в одній споруді, яку називають біофлокулятором.

Біофлокулятор – це первинний відстійник (вертикальний чи радіальний) з вбудованою камерою біофлокуляції. Біофлокулятори створюються на базі горизонтальних, вертикальних і радіальних відстійників. Для цього в них обладнуються аератори, завдяки чому у відстійній зоні утворюється зважений шар, що сприяє проясненню стічної води, яка через нього фільтрується.

Біофлокулятори влаштовуються на очисних станціях як з аеротенками, так і з біофільтрами. В біофлокулятор подається 50 % надлишкового активного мулу чи 100 % надлишкової біоплівки, яка попередньо регенерується протягом 24 годин у резервуарі, влаштованому за типом аеротенка.

На рис. 3.2 зображений блок «преаератор – горизонтальний відстійник».

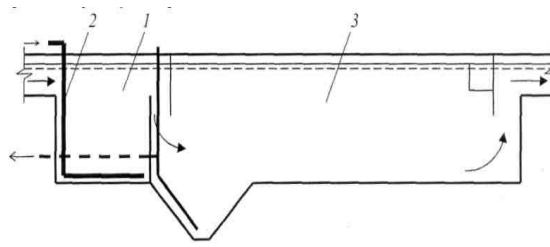


Рисунок. 3.2 – Блок преаератор – горизонтальний відстійник 1 – преаератор; 2 – подача повітря; 3 – відстійник

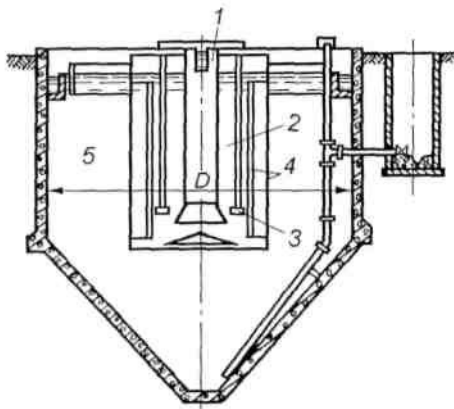


Рисунок. 3.3 – Біокоагулятор на базі вертикального відстійника:
1 – центральна труба; 2 – камера біофлокуляції; 3 – фільтросні аератори;
4 – кільцеві перегородки; 5 – зона освітлення

Компактна конструкція біокоагулятора на базі вертикального відстійника показана на рис. 3.3. Камера біофлокуляції утворена навкруги (навколо) центральної труби двома кільцевими перегородками. Стічна вода через вертикальну трубу надходить у центральну камеру, де розташовані фільтросні аератори, через які повітря надходить у зону аерації. У камеру додають активний мул з аеротенків. Активний мул, перемішуючись зі стічною водою, захоплюється повітрям у верхню частину камери й через улаштовані в ній

кармани опускається вниз, надходячи в зону відстоювання первинного відстійника. Вода, пройшовши зважений шар у зоні відстоювання, прояснюється й через жолоби видаляється з відстійників.

Центральну камеру біокоагуляторів розраховують на 20-хвилинне перебування в ній стічної води. Гідравлічне навантаження на зону відстоювання біофлокуляторів не повинно перевищувати $3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$. Ефективність затримання завислих речовин у біофлокуляторах, що працюють з активним мулом, досягає 75 % (збільшується приблизно на 30 % у порівнянні з простим відстоюванням), БПК_{повн} при цьому знижується на 35 %. При використанні біологічної плівки ефективність затримання завислих речовин складає 60–70 %, а зниження БПК_{повн} – 50–55 %.

На рис. 3.4 зображена схема радіального відстійника з вбудованою камерою біофлокуляції. Особливість розглядуваної конструкції полягає в тому, що надходження рідини із камери біофлокуляції у зону відстоювання здійснюється у верхній частині споруди, що забезпечує оптимальний гідравлічний режим роботи відстійника і виключає можливість каламучення вже випавшого осаду, що спостерігалось у біофлокуляторах попередніх конструкцій. При дозі надлишкового активного мулу 125–195 мг/л, тривалості аерації в камері біофлокуляції 15–20 хв і інтенсивності аерації $2\text{--}3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$ ефективність роботи відстійника збільшується за завислими речовинами на 40–50 %, а за БПК_{повн} зростає з 15–20 до 30–40 %.

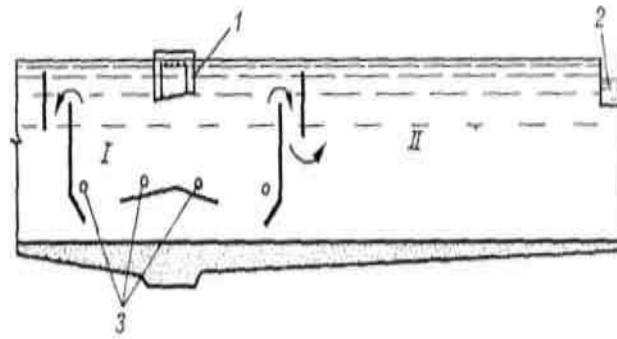


Рисунок. 3.4 – Радіальний відстійник із вбудованою камерою біофлокуляції:

I – зона преаерації; II – відстійна зона;

1 – розподільний пристрій; 2 – збірний лоток; 3 – аератори

У Київському державному будівельному університеті запропоновано додатково обладнати зону відстоювання розглядуваного біофлокулятора низьогradientними мішалками, а на виході з неї, перед кільцевим периферійним водозбірним лотком, влаштовувати тонкошарові блоки, що працюють за перехресною схемою. У такому випадку при оптимальній дозі надлишкового активного мулу 175–215 мг/л, яка відповідає його приросту, ефективність освітлення стічних вод за завислими речовинами складає 75–85 %, а за БПК_{повн} – досягає 55–65 %. Вологість суміші осаду і надлишкового мулу, що вивантажуються із відстійника, складає при цьому 95,0–95,5 %.

Процес освітлення стічних вод можна інтенсифікувати також шляхом переобладнання первинних відстійників у так звані флотаційні біокоагулятори. Спосіб флотаційного освітлення стічних вод у поєднанні з біокоагуляцією активним мулом чи біоплівкою, які мають хорошу здатність до флотації, розроблений в Українському інституті інженерів водного господарства (нині Український державний університет водного господарства та природокористування) під керівництвом проф. О. П. Сіньова і називається флотаційною біокоагуляцією.

Використання флотаційних біокоагуляторів дозволяє:

- скоротити тривалість первинного відстоювання стічних вод до 30–40 хв., істотно знизити БПК стічних вод і тим самим зменшити відповідно необхідні обсяги аеротенків і витрати повітря на аерацію;

- виключити з технологічної схеми ущільнювачі надлишкового активного мулу;

- зменшити вологість й обсяги осадів і шламів, які підлягають обробці в метантенках й інших спорудах, і тим самим скоротити їхні розміри.

Як флотаційні біокоагулятори можуть бути використані флотатори різних типів. При інтенсифікації роботи діючих очисних споруд можлива реконструкція первинних відстійників у флотаційні біокоагулятори, що полягає в обладнанні їх пристроями для розподілу очищених стічних вод і робочої рідини, відводу очищеної води, збору й видалення флотаційного шламу. Через те, що при роботі флотаційного біокоагулятора і його аварійних зупинках відбувається випадання осаду, у переобладнаному відстійнику слід зберегти пристрої для його видалення.

У горизонтальних відстійниках при переобладнанні їх у флотаційні біокоагулятори частина робочого обсягу на початку відстійника використовується для осадження великих і важких грубодисперсних домішок, інший обсяг приділяється під флотаційну камеру (рис. 5.5). З найбільшою ефективністю робочий обсяг горизонтального відстійника у випадку переобладнання його у флотатор може бути використаний при розосередженій подачі й відводі стічної рідини за довжиною флотаційної камери, хоча це небагато й ускладнює її конструкцію (рис. 3.5 б).

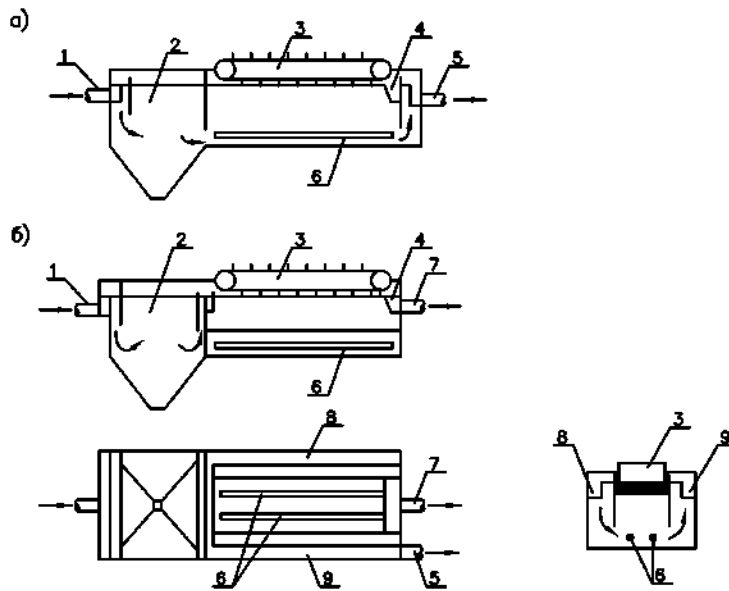


Рисунок. 3.5– Рекомендовані схеми переобладнання горизонтальних відстійників у флотаційні біокоагулятори з розосередженою подачею води за шириною флотаційної камери (а) і з розосередженою подачею води за довжиною флотаційної камери (б):

- 1 – трубопровід стічних вод; 2 – камера для попереднього відстоювання стічних вод; 3 – шкребок; 4 – лоток для збору флотаційного шламу;
 5 – трубопровід очищених стічних вод; 6 – розподільний трубопровід робочої рідини; 7 – трубопровід для видалення шламу; 8 – розподільний лоток;
 9 – збірний лоток

Флотаційні біокоагулятори можна ефективно використовувати для попереднього очищення стічних вод від жиру й інших домішок, що важко осідають на очисних спорудах, які приймають стічні води м'ясокомбінатів, молокопереробних пунктів й інших підприємств харчової промисловості. При використанні всього надлишкового активного мулу, що утворюється в аеротенках при очищенні стічних вод м'ясокомбінату, ефект видалення жиру у флотаційних біокоагуляторах становить 65–85 %, що суттєво знижує навантаження на аеротенки за органічними забрудненнями і знижує практично

до нуля концентрації жиру в біологічно очищених стічних водах. Крім виділення речовин, які осідають у первинних відстійниках, затримуються також плаваючі речовини.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОЧИСНИХ СТАНЦІЙ

Очисна станція є комплексом споруд, пристроїв і комунікацій, що призначені для очищення стічних вод, обробки утворюваних при цьому осадів, а також допоміжних об'єктів, необхідних для здійснення, управління і контролю технологічних процесів, створення відповідних умов роботи обслуговуючого персоналу, забезпечення станції електроенергією, теплом, матеріалами і реагентами.

Комплекс споруд для очищення стічних вод і обробки осадів, розміщений у певній технологічній послідовності, називають технологічною схемою. Зазвичай технологічна схема включає споруди механічної і біологічної очистки, доочищення і знезаражування стічних вод, обробки осадів.

Технологічну схему очищення стічних вод приймають відповідно до норм проектування окремих споруд і техніко–економічних розрахунків залежно від:

- складу та властивостей стічних вод;
- необхідного ступеня очищення стічних вод;
- продуктивності очисної станції, концентрації забруднень;
- способу подальшого використання очищеної води;
- потужності водойми, в яку скидаються очищені стічні води;
- методу утилізації утворюваних осадів;
- місцевих умов (геології, рівня ґрунтових вод, рельєфу місцевості, розмірів майданчика під очисні споруди й розмірів санітарно–захисної зони, комунікацій тощо).

Розрахунок необхідного ступеня показує, який ефект затримки забруднюючих речовин необхідно досягти на очисних спорудах.

Тип очисних споруд, їхні розміри й кількість приймаються і розраховуються згідно з вимогами діючих будівельних норм. Технологія обробки осадів, що

утворюються в процесах очищення, визначається залежно від їх властивостей, обсягів, наявності площі.

На підставі обчисленого необхідного ступеня очищення стічних вод вибирають метод очищення за даними таблиці 3.1.

Таблиця 4.1 – Залежність методу очищення від потрібного ступеня очищення

Рекомендовані методи очищення	Необхідний ступінь очищення, мг/л	
	за завислими речовинами	за БПК _{повн}
Механічна очистка	80	–
Механічна і частково біологічна очистка	25 – 80	25 – 80
Механічна і повна біологічна очистка	15 – 25	15 – 25
Механічна, повна біологічна очистка і доочищення	<15	<15

Обробку міських стічних вод, що становлять собою суміш побутових і промислових стічних вод проводять зазвичай в такій послідовності: механічне очищення на ґратах, у піскоуловлювачах та первинних відстійниках; біологічне очищення в аеротенках або біофільтрах і вторинних відстійниках; знезараження і випуск у водойму або на повторне використання в промисловості або сільському господарстві. Обробку осаду можна проводити також у метантенках

з наступним зневодненням і термічною сушкою на мулових майданчиках або в мулових ставках.

Якщо при розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод концентрація завислих речовин повинна бути знижена на 40 – 50 %, а величина показника БПК_{повн} – на 20 – 30 %, то можна обмежитися механічним очищенням. Склад споруд приймають за схемою, наведеною на рис. 3.1. Витрата стічних вод при такій схемі становить не більше 10 тис. м³/добу.

Стічна вода, що надходить на очисну станцію, проходить через ґрати, піскоуловлювачі, відстійники й знезаражується хлором.

Сміття, затримане ґратами направляють в дробарку й у вигляді пульпи скидають в канал перед або за ґратами. Можливий варіант вивезення затриманих на ґратах осадів на полігон. Осад з піскоуловлювачів перекачують на піскові майданчики. З відстійників осад направляють в метантенки. Для зневоднення збродженого осаду використовують мулові майданчики, дренажна вода з цих майданчиків перекачується в канал перед контактним резервуаром.

При більших витратах стічних вод – від 50 тис. м³/добу застосовують технологічну схему, наведену на рис. 4.2. Механічне очищення стічних вод здійснюють на ґратах, у піскоуловлювачах і відстійниках.

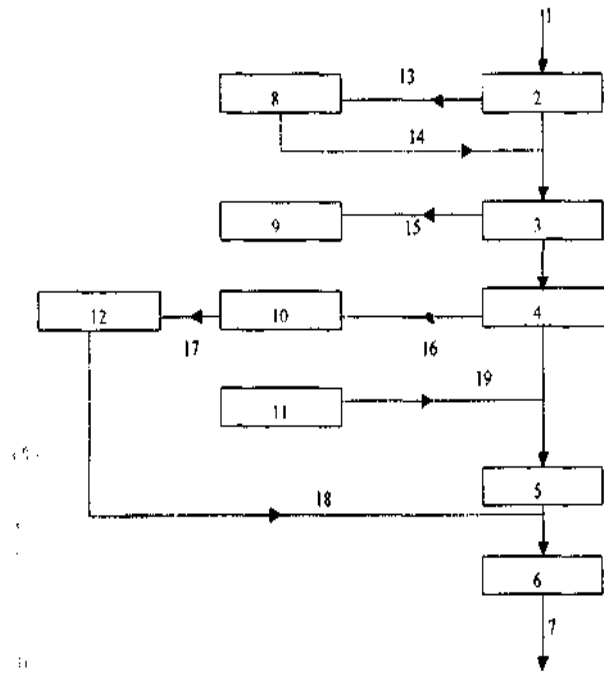


Рисунок. 4.1 – Технологічна схема очисної станції з механічним очищенням стічних вод:

- 1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – відстійники;
 5 – змішувачі; 6 – контактний резервуар; 7 – випуск; 8 – дробарки; 9 – піскові майданчики; 10 – метантенки; 11 – хлораторна; 12 – мулові майданчики;
 13 – сміття, затримане ґратами; 14 – пульпа; 15 – піщана пульпа; 16 – сирий осад; 17 – зброджений осад; 18 – дренажна вода; 19 – хлорна вода

Для інтенсифікації осадження завислих речовин перед первинними відстійниками можуть використовуватися преаератори, у які подається певна частина надлишкового активного мулу в якості біофлокулянта. Сирий осад з первинних відстійників направляється в метантенки.

Біологічне очищення стічних вод за цією схемою здійснюється в аеротенках. Аеротенк являє собою відкритий резервуар, у якому перебуває суміш активного мулу й проясненої стічної води.

Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу в аеротенки повинне надходити повітря, що подається повітродувками, установленими в машинному залі. Суміш очищеної стічної води й активного мулу з аеротенки направляється у вторинний відстійник, де осаджується активний мул й основна його маса повертається в аеротенку. У системі аеротенк – вторинний відстійник маса активного мулу збільшується за рахунок його приросту, тому частина його (надлишковий активний мул) видаляється з вторинного відстійника й подається в мулоущільнювач, при цьому обсяг мулу зменшується в 4–6 разів, а ущільнений надлишковий мул перекачується в метантенку. Очищена стічна вода знезаражується (зазвичай хлорується) у контактному резервуарі й скидається у водойму.

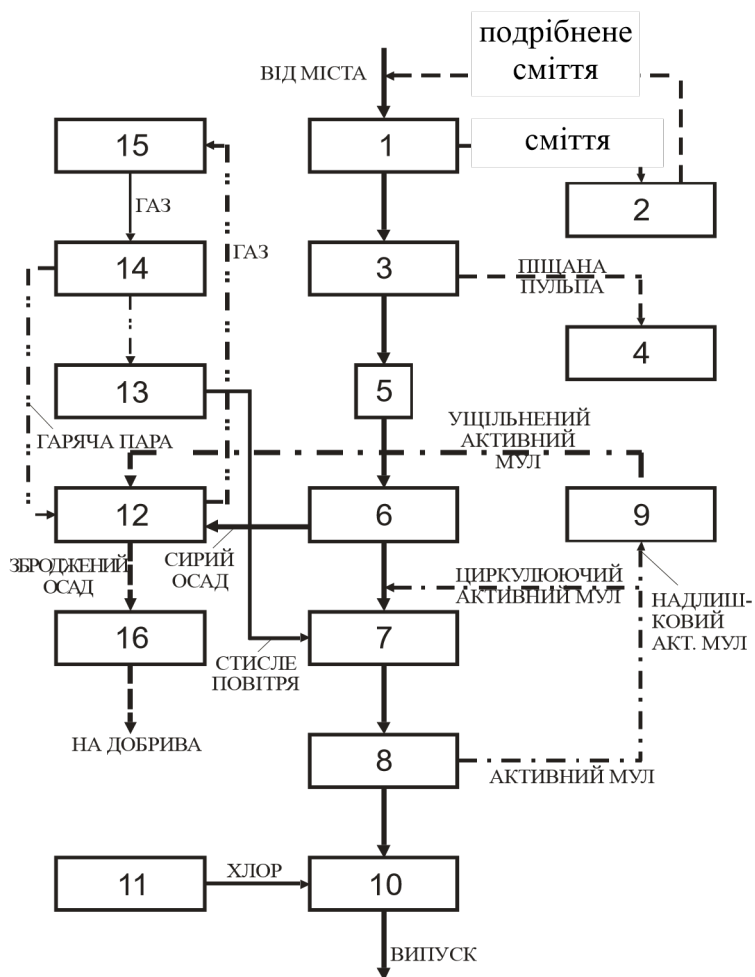


Рис. 4.2 – Схема розташування споруд і обробки осаду станції біологічного очищення стічних вод у аеротенках

- 1 – ґрати; 2 – дробарка; 3 – піскоуловлювач; 4 – піскові бункери; 5 – вимірювач витрати; 6 – первинні відстійники; 7 – аеротенки; 8 – вторинні відстійники; 9 – мулоущільнювачі; 10 – контактні резервуари; 11 – хлораторна; 12 – метантенк; 13 – машинне відділення; 14 – котельня; 15 – газгольдери; 16 – зневоднення збродженого осаду

Зброджений осад з метантенків направляється для механічного зневоднення на вакуум-фільтри або фільтр-преси. Зневоднений осад може піддаватися термічному сушінню й використовуватися як добриво.

На рис. 3.3 наведена технологічна схема біологічного очищення стічних вод на біофільтрах. Такі схеми використовують для витрат стічних вод близько 10–20 тис. м³/добу.

Після споруд механічного очищення (ґрати, піскоуловлювачі й первинні відстійники) вода надходить на біофільтри й потім у вторинні відстійники, у яких затримується біологічна плівка (біоплівка), що виноситься водою з біофільтрів, далі вода направляється в контактний резервуар, дезінфікується й скидається у водойму.

Проходячи через фільтруюче завантаження біофільтра, забруднена вода залишає в ній завислі й колоїдні органічні речовини, що не осіли в первинних відстійниках, які створюють біоплівку, густо заселену мікроорганізмами. Мікроорганізми біоплівки окисляють органічні речовини й одержують необхідну для своєї життєдіяльності енергію. Таким чином, зі стічної води видаляються органічні речовини, а в тілі біофільтра збільшується маса

біологічної плівки. Відпрацьована й омертвіла плівка змивається стічною водою, що протікає, і виноситься з біофільтра.

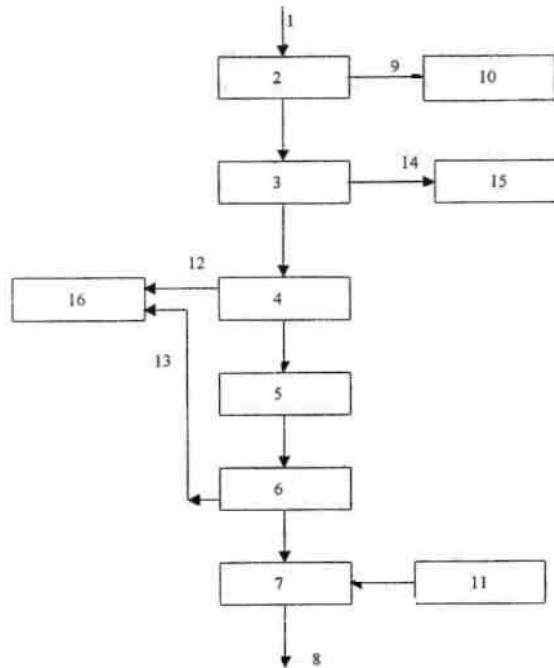


Рис. 4.3 – Технологічна схема очисної станції з біологічним очищенням стічних вод на біофільтрах:

- 1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – первинні відстійники;
5 – біофільтри; 6 – вторинні відстійники; 7 – контактний резервуар; 8 – випуск;
9 – осади, затримані ґратами; 10 – дробарки; 11 – хлораторна установка;
12 – осад з первинних відстійників; 13 – біоплівка з вторинних відстійників;
14 – пісок; 15 – бункер піску; 16 – мулові майданчики

Для нормального ходу процесу очищення в біофільтрах іноді необхідно здійснювати рециркуляцію проясненої у вторинних відстійниках води, тобто подавати перед біофільтрами й змішувати з водою з первинних відстійників. Необхідність рециркуляції визначається розрахунком.

Фізико–хімічне очищення міських стічних вод застосовується для очищення витрат – 10–20 тис. м³/добу. На рис. 3.4 наведена технологічна схема фізико–хімічного очищення стічних вод.

Вода, що пройшла ґрати й піскоуловлювачі, направляється в змішувач, куди в певних дозах подаються розчини реагентів – мінеральних коагулянтів й органічних флокулянтів. При введенні в стічну воду мінеральних коагулянтів утворюються оксигідрати металів, на яких збираються завислі, колоїдні й частково розчинені речовини. Флокулянти укрупнюють пластівці оксигідратів і поліпшують їх структурно – механічні властивості. Після камер пластівцеутворення осади відокремлюються від очищеної води в горизонтальних відстійниках. Для глибокого очищення від завислих речовин використовуються барабанні сітки й двошарові фільтри або фільтри з висхідним потоком води. Знезаражена хлором вода скидається у водойму. Осад з відстійників ущільнюється й зневоднюється на центрифугах.

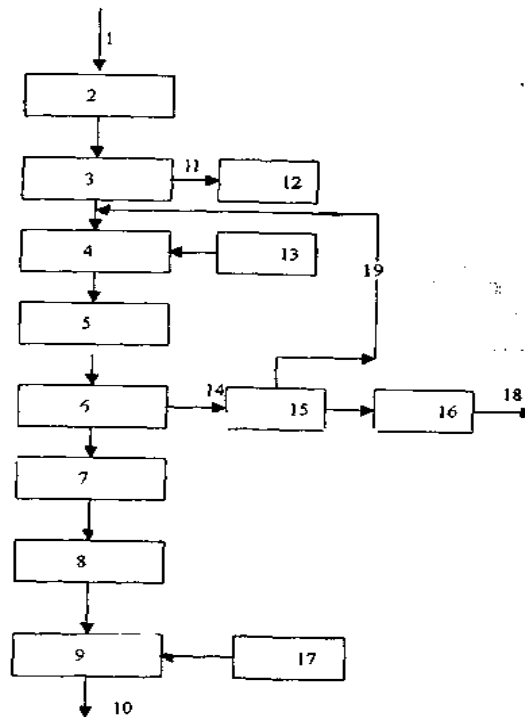


Рисунок. 4.4 – Технологічна схема очисної станції з фізико-хімічним очищенням стічних вод:

- 1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – змішувач; 5 – камера пластівцеутворення; 6 – горизонтальні відстійники; 7 – барабанні сітки; 8 – фільтри; 9 – контактний резервуар; 10 – випуск у водойму; 11 – пісок; 12 – бункер піску; 13 – готування й дозування реагентів; 14 – осад; 15 – осадкоушільнювачі; 16 – центрифуги; 17 – хлораторна; 18 – шлам; 19 – відстояна вода

Наведені технологічні схеми поширені як у вітчизняній, так і закордонній практиці, при цьому є станції, що працюють за зміненими схемами.

Технологічні схеми очищення виробничих стічних вод можуть включати різні методи очищення, такі, як фізико-хімічні, біологічні та ін., залежно від специфіки забруднюючих стічної води речовин, їхньої концентрації й ПДК скидання в міську каналізацію.

Атмосферні стічні води з територій міст можуть очищуватися на окремих очисних спорудах при використанні переважно механічних методів. За кордоном атмосферні води очищують на міських очисних спорудах разом з побутовими стічними водами, однак і за кордоном нині спостерігається тенденція очищення атмосферних вод на автономних очисних спорудах.

РОЗДІЛ 5

КЛАСИФІКАЦІЯ АЕРОТЕНКІВ ЗА ОСНОВНИМИ ОЗНАКАМИ. КОНСТРУКЦІЇ АЕРОТЕНКІВ

5.1 Класифікація аеротенків

Конструктивне оформлення аеротенків визначається пропускною здатністю очисних споруд; вихідними характеристиками стічних вод, що підлягають очищенню, які визначають режим роботи аеротенків; типом аераційного обладнання для подачі повітря і перемішування; конструкцією інших споруд, що включаються у технологічну схему очищення стічних вод та ін.

Аеротенки класифікують за наступними основними ознаками:

- за гідравлічним режимом – аеротенки–витиснювачі, аеротенки– змішувачі і аеротенки з розосередженим впуском стічної води;
- за способом регенерування активного мулу – аеротенки з окремою регенерацією активного мулу і аеротенки без окремої регенерації активного мулу;
- за навантаженням на активний мул – високонавантажувані (аеротенки на неповне очищення), нормально навантажені (на повне очищення) і низьконавантажувані (аеротенки подовженої аерації);
- за кількістю ступенів – одно–, двох– і багатоступеневі;
- за типом аерації – з пневматичною, механічною, комбінованою гідродинамічною або пневмомеханічною;
- за способом компонування з вторинними відстійниками – аеротенки з окремо розташованими вторинними відстійниками і аеротенки, зблоковані з вторинними відстійниками (аеротенки–відстійники).

За структурою руху потоків очищеної стічної води і поворотного активного мулу розрізняють:

- *аеротенки–витиснювачі (рис. 8.1, а)* – в такій конструкції стічна вода й активний мул подаються зосереджено з однієї з торцевих сторін аеротенку, а випускаються також зосереджено з іншої торцевої сторони. Навантаження на активний мул знижується уздовж споруди. Такий вид аеротенка дозволяє забезпечити високу якість очищення, однак чутливий до різких коливань витрати й складу стоків. Аеротенки–витиснювачі доцільніше застосовувати за відсутності різких коливань витрати стічних вод і вмісту токсичних речовин.
- *аеротенки–змішувачі (рис. 8.1, б)* – подача води й активного мулу і випуск здійснюється рівномірно уздовж довгих сторін коридора аеротенка. Повне змішування в них стічної води з муловою сумішшю забезпечує вирівнювання концентрацій мулу й швидкостей процесу біохімічного окислювання. Навантаження забруднень на мул і швидкість окислювання забруднень практично незмінні за довжиною споруди. Вони найбільш придатні для очищення висококонцентрованих ($BPK_{повн}$ до 1000 мг/л) виробничих стічних вод при значних коливаннях їх витрати й концентрації забруднень.
- *аеротенки з розосередженням уздовж споруди впуском стічної води (рис.5.1, в)*. В аеротенках, що працюють за такою схемою, активний мул подається зосереджено в торець головної частини аеротенка, а стічна вода підводиться у декількох точках за довжиною аеротенка, а відводиться зосереджено з його торцевої частини. Цей вид займає проміжне положення між двома попередніми.

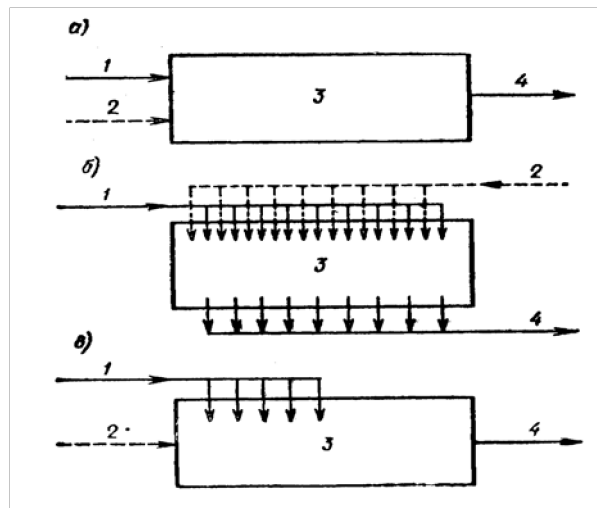


Рисунок. 5.1 – Види аеротенків

а – аеротенки–витиснювачі; б – аеротенки–змішувачі, в – аеротенки з розосередженим впуском стічної води:

1 – подача стічної води; 2 – подача поворотного активного мулу;

3 – аеротенк; 4 – випуск мулової суміші

У аеротенках з розосередженим впуском стічних вод деякою мірою поєднуються переваги аеротенків–витиснювачів, що забезпечує високу якість очищення, з перевагами аеротенка–змішувача, що дозволяє усереднити навантаження на активний мул уздовж споруди. Це особливо важливо при необхідності зняти залпові перевантаження активного мулу або через випадкові підвищення концентрації забруднень, або при непередбаченому надходженні токсичних або інших шкідливих для біологічних процесів речовин. Аеротенки з нерівномірно розосередженим впуском стічних вод мають один суттєвий недолік – низькі швидкості окислення забруднень, які за всією довжиною споруди пропорційні $BPK_{повн}$ очищених стічних вод. Аеротенки з розосередженою подачею стічної води застосовують для очищення сумішей побутових і виробничих стічних вод.

Якщо відстійні споруди мають прямокутну форму в плані (горизонтальні відстійники), то може влаштовуватись єдиний блок аеротенків з первинними та

вторинними відстійниками, в якому до мінімуму зведена довжина комунікацій, що з'єднують ці споруди. Розроблені типові проекти таких блоків ємкостей з пропускною здатністю від 100 до 25000 м³/добу.

Аеротенки – витиснювачі (рис. 8.2) являють собою великі бетонні або залізобетонні проточні резервуари прямокутного перерізу, розділені на ряд коридорів з шириною 6–18 м, висотою 4–5 м, в яких повільно рухається суміш активного мулу й стічних вод. Аеротенки складаються з секцій, причому кожна з них ділиться поздовжніми перегородками, що не доходять до однієї з торцевих сторін, на 2, 3 і 4 коридори. Кількість секцій аеротенків повинна бути не менше двох, робочу глибину приймають 3–6 м, відношення ширини коридорів до робочої глибини – від 1:1 до 1:2.

За допомогою пневматичних або механічних пристроїв суміш води й активного мулу барботують повітрям, насичуючи її при цьому киснем. Все це забезпечує інтенсивне окислювання органічних речовин.

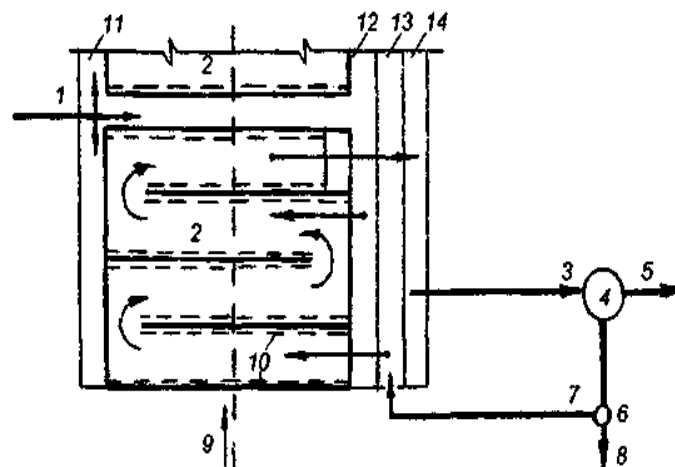


Рисунок. 5.2. – Аеротенк–витиснювач з регенерацією (50 %):

- 1 – стічна вода після первинних відстійників; 2 – коридори аерації;
- 3 – мулова суміш з аеротенків; 4 – вторинний відстійник; 5 – очищена вода;
- 6 – мулова камера; 7,8 – циркуляційний і надлишковий мул, відповідно;

9 – повітря від повітродувок; 10 – аераційна система для розподілу повітря в аеротенку; 11 – верхній розподільний канал; 12 – нижній розподільний канал; 13 – канал активного мулу; 14 – канал відведення суміші стічних вод і активного мулу до вторинних відстійників

Розроблені типові проекти дво-, три- і чотирикоридорних аеротенків-витиснювачів з великим діапазоном продуктивностей, аеротенків-змішувачів із шириною коридору 3, 4, 6 і 9 м і робочою глибиною 1,2 м з механічною аерацією, 4,5 м – з низьконапірною аерацією, а також 5 і 5,2 м – з пневматичною аерацією.

Коридорні аеротенки зазвичай обладнуються пневматичною системою аерації. Повітря диспергується за допомогою фільтросів, вкладених у бетонних каналах, що влаштовуються в дні аеротенка вздовж повздовжньої стінки його коридору.

5.2. Основні технологічні схеми очищення стічних вод в аеротенках

Аеротенки можуть бути одноступінчастими й двоступінчастими, при цьому в обох випадках їх застосовують як з регенерацією, так і без неї. Одноступінчасті аеротенки без регенерації застосовують при БПК_{повн} стічної води не більше за 150 мг/л, з регенерацією – більше за 150 мг/л і при наявності шкідливих виробничих домішок. Двоступінчасті аеротенки застосовують при очищенні висококонцентрованих стічних вод.

Одноступінчаста схема без регенерації (рис. 8.3, а) – найпростіша технологічна схема очищення в аеротенках, застосовують при БПК <150 мг/л.

За цією схемою активний мул подається зосереджено разом зі стічною водою на вхід в аеротенк. Одержувана мулова суміш в умовах аерації протікає до виходу з аеротенка й далі на вторинний відстійник, де відбувається її поділ на очищену воду й активний мул. Активний мул далі розділяється на надлишковий і циркуляційний, останній повертається в аеротенк.

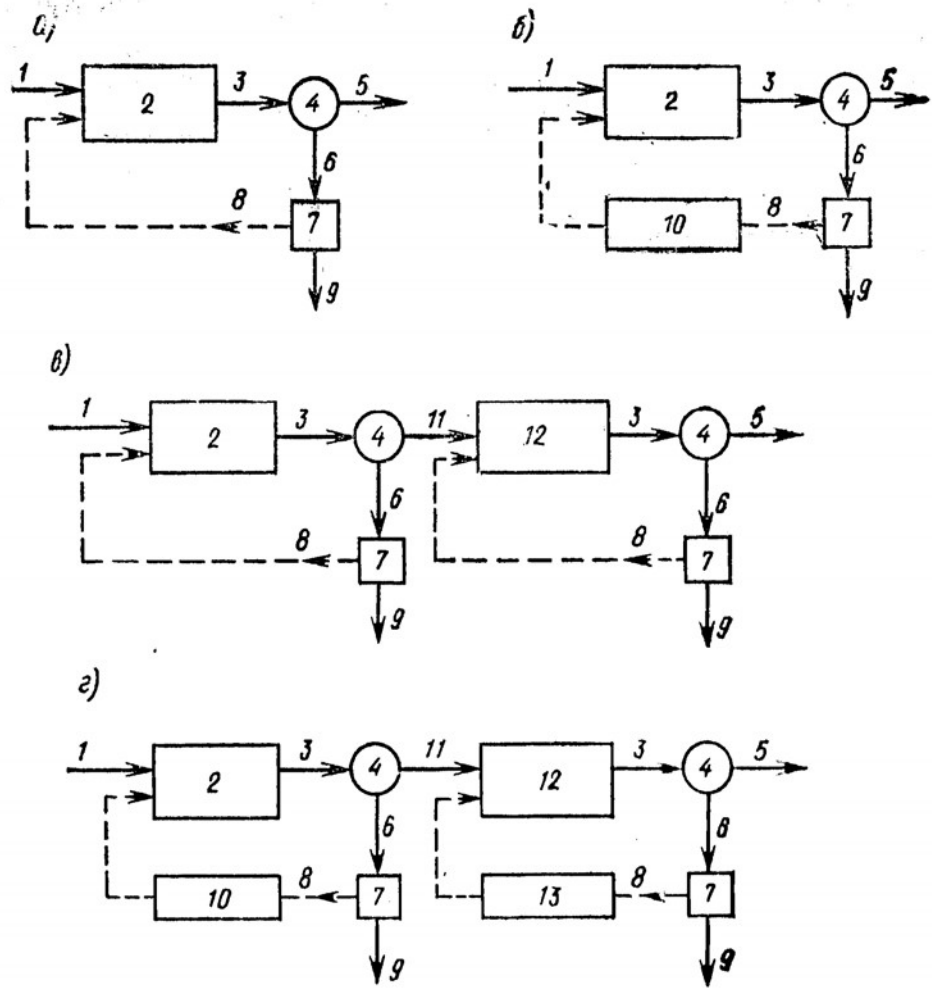


Рисунок. 5.2 – Основні технологічні схеми очищення стічних вод в аеротенках:
 а – з одноступеневим аеротенком без регенерації; б – те ж, з регенерацією; в – з двоступеневим аеротенком без регенерації; г – те ж, з регенерацією;
 1 – подача неочищених стічних вод; 2 – аеротенк; 3 – випуск мулової суміші;
 4 – відстійник; 5 – випуск очищених стічних вод; 6 – випуск відстояного активного мулу; 7 – мулова насосна станція; 8 – подача поворотного активного мулу; 9 – випуск надлишкового активного мулу; 10 – регенератор;
 11 – випуск стічних вод після I ступеня очищення; 12 – аеротенк II ступеня;
 13 – регенератор II ступеня

Особливістю одноступінчастої схеми очищення в аеротенках (рис. 8.3, а) є, по-перше, зниження навантаження на активний мул за довжиною аеротенка; по-друге, зниження потреби активного мулу в кисні за довжиною; по-третє, за гідравлічним режимом аеротенк є витиснювачем.

Модифікацією цієї схеми є застосування змінної подачі повітря за довжиною аеротенка, що відповідає кривій зниження БПК за довжиною. Інша модифікація полягає в застосуванні поздовжнього секціонування об'єму аеротенка перегородками.

Одноступінчаста схема з регенерацією активного мулу (рис. 5.2, б)

У цій схемі реалізоване роздільне протікання двох етапів біологічного очищення: поглинання забруднень активним мулом зі стічної води, що відбувається безпосередньо в аеротенку, і окислювання цих забруднень в регенераторі. Регенератор – це аераційна споруда, в якій активний мул аерується без стічної рідини. В аеротенку стічна вода аерується приблизно 1,5–2,5 год, у регенераторі – у кілька разів більше.

При роботі аеротенків–витиснювачів у режимі біологічного очищення з регенерацією активний мул завжди подається на початок першого коридору, а освітлені стічні води – на початок наступних коридорів аеротенка. Об'єм регенераторів двокоридорних аеротенків може складати 50 % від загального об'єму аеротенків (так звана 50 % регенерація активного мулу). Активний мул подається при цьому в перший коридор з нижнього каналу мулу, а освітлена вода – на початок другого коридору з верхнього каналу стічних вод.

Трикоридорні аеротенки можуть працювати в режимі з 33 % регенерацією активного мулу (подача мулу здійснюється на початок першого коридору з верхнього каналу активного мулу, а освітлених стічних вод – на початок другого коридору з нижнього каналу стічних вод). Аналогічним чином чотирьохкоридорні аеротенки можуть працювати в режимі з 25 чи 50 % регенерації активного мулу. Розроблені типові проекти дво-, три- і

чотирьохкоридорних аеротенків–витиснювачів з великим діапазоном продуктивностей.

Двоступінчаста схема без регенерації (рис. 5.3, в). Така схема доцільна при високій концентрації органічних речовин у стічній воді, а також при наявності в ній речовин, швидкість окислювання яких різко відрізняється.

Двохступінчаті аеротенки з регенерацією і без регенерації активного мулу (рис.5.3,в,г) застосовують при необхідності повного очищення висококонцентрованих стічних вод з початковим БПК_{повн} 250 і більше, а також при наявності у воді речовин, швидкість окислювання яких різко відрізняється.

В аеротенках першого ступеня завершується перша стадія очищення – абсорбція органічних речовин активним мулом і мінералізація лише найбільш легко окисної частини, що зазвичай дозволяє знизити початкову БПК_{повн} на 50–70 %. З аеротенків першого ступеня частково очищена вода направляється на доочищення в аеротенки другого ступеня.

Особливістю ступінчатого очищення стічних вод є те, що на кожному ступені аеротенків поступово розвивається специфічна культура мікроорганізмів, які найбільш пристосовані до існування в даних умовах, що забезпечує високу ефективність роботи аеротенків. Тому загальний об'єм двохступінчатих аеротенків на одиницю стічних вод, що очищуються, буде менший у порівнянні з об'ємом звичайних аеротенків.

Двохступінчаті аеротенки можна проектувати як без регенераторів, так і з регенераторами.

Регенератори передбачають для кожного ступеня аеротенків з подачею активного мулу. Для першого ступеня аеротенків регенератори зазвичай передбачають в об'ємі 50 %. Активний мул другого ступеня за кількістю забруднень менш навантажений, у зв'язку з чим рекомендують направляти його надлишок після регенерації в аеротенки першого ступеня і далі разом з надлишковим мулом першого ступеня на подальшу обробку.

Об'єм аеротенків і регенераторів визначають за середньогодинним припливом стічних вод.

Питому витрату повітря для аеротенків першого ступеня визначають так само, як і для аеротенків при частковому очищенні і стічних вод, для аеротенків другого ступеня – як для аеротенків при повному очищенні стічних вод. Витрату циркулюючого активного мулу приймають 30–40 % від середнього притоку стічних вод у кожному ступені.

Сумарну кількість надлишкового активного мулу після двохступінчатого очищення розраховують як для аеротенків з доведенням БПК_{повн} очищеної стічної рідини до 15 мг/л (65 % для першого ступеня і 35 % для другого).

Надлишковий активний мул направляють на ущільнення в мулоущільнювачі. Вологість ущільненого активного мулу приймають 95–98 % у залежно від тривалості ущільнення.

Необхідну кількість повітря та геометричні розміри двохступінчатих аеротенків розраховують за тими ж самими формулами, що і розрахунок одноступінчатих аеротенків.

При проектуванні двохступінчатих аеротенків влаштування вторинних відстійників передбачають після кожного ступеня очищення.

5.3 Системи аерації в аеротенках

Аерація суміші стічної рідини з активним мулом на всій довжині аеротенка необхідна не тільки для того, щоб забезпечити мікроорганізми– мінералізатори достатньою кількістю кисню, але й для підтримання мулу у завислому стані. Кисень нагнітається в аеротенк повітродувками або засмоктується з атмосфери.

Отже, система аерації являє собою комплекс споруд і спеціального устаткування, що забезпечує рідину киснем, підтримку мулу у завислому стані й постійне перемішування стічної води з мулом.

За способом диспергування повітря у воді на практиці застосовують три системи аерації: пневматичну, механічну й комбіновану.

Пневматична аерація. В аеротенки з пневматичною аерацією повітря подається повітродувками і надходить у рідину через аератори зазвичай фільтросного типу. Пневматичну аерацію підрозділяють на три типи залежно від розміру пухирців повітря: на дрібнобульбашкову (крупність пухирців повітря становить 1–4 мм), середньобульбашкову (5–10 мм), крупнобульбашкову (більше 10 мм).

До дрібнобульбашкових аераторів відносяться поруваті керамічні та пластмасові матеріали (фільтросні пластини, труби, дифузори), синтетичні тканини; до середньобульбашкових – щілинні та дірчасті труби. До крупнобульбашкових аераторів відноситься система «крупних пухирців», в якій аераторами є труби діаметром 30–50 мм з відкритими кінцями, опущені вертикально вниз на глибину 0,5 м від дна аеротенка. В такій системі аерації використовується кисень не тільки стислого, але й більшою мірою атмосферного повітря. Однак ця система поширення не отримала, оскільки не забезпечує надійне й інтенсивне перемішування мулової суміші.

В аеротенках з *пневматичною аерацією* повітря подають металевими трубами і розподіляють через дірчасті труби або фільтроси – відрізки труби довжиною близько 1 м.

Найпоширенішим типом дрібнобульбашкового аератора є фільтросна пластинка розміром 300×300 мм і товщиною 35 мм. Фільтросні пластини зашпаровують у залізобетонні канали, що влаштовують на дні коридора аеротенка, у стінки уздовж довгої його сторони. Пластини укладають зазвичай у два або три ряди для забезпечення подачі в аеротенки необхідного обсягу повітря, що подається магістральними повітряпроводами і стояками у канал, перекритий пластинами. Для середньобульбашкової аерації найчастіше застосовують дірчасті труби з отворами діаметром 3–4мм.

Зазвичай повітря у перфоровані труби чи під фільтросні пластини надходить від стояків, які відходять від основного магістрального трубопроводу, розташованого на поздовжній стіні аеротенка.

Фільтросні пластини з часом піддаються засміченню з внутрішньої сторони пилом, окалиною, іржею, а з зовнішньої можуть заростати бактеріальною плівкою. Тому пластини періодично очищують скребками або щітками, оброблюють соляною чи сірчаною кислотою.

Перевагами аеротенків з пневматичною аерацією є простота пристрою, невеликі енергетичні витрати на аерацію рідини. Недоліками таких систем аерації є досить великі за розміром пухирці повітря, а також необхідність у нагнітальних системах (повітрорудках).

Коридорні аеротенки зазвичай обладнують пневматичною системою аерації. Повітря диспергується за допомогою фільтросів, вкладених у бетонних каналах, що влаштовуються в дні аеротенка вздовж поздовжньої стінки його коридора. У регенераторах зазвичай влаштовується більша кількість фільтросних каналів. Так, наприклад, у чотирьох–коридорному аеротенку з 50 % регенерацією в регенераторі (коридори I і II) вкладають по три, а в аеротенку (коридори III і IV) – по два ряди фільтросних каналів.

Останнім часом у таких аеротенках застосовують так звані тарілчасті (дискові) аератори з пружними перфорованими мембранами або трубчасті перфоровані аератори.

Механічна аерація. При механічній аерації перемішування здійснюють механічними пристроями (мішалками, турбінками, щітками й т. п.), які забезпечують дроблення струменів повітря, залученого безпосередньо з атмосфери обертовими частинами аератора (ротором).

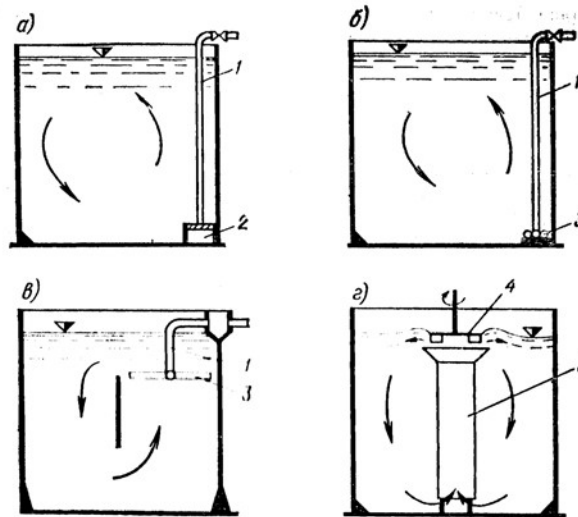


Рисунок. 5.4 – Системи подачі повітря у аеротенки:

а – пневматична дрібнобульбашкова; б – пневматична середньобульбашкова; в – пневматична низьконапірна; г – механічна поверхнева;

1 – повітряпідвідні стояки; 2 – повітряний канал з фільтросними пластинами; 3 – дирчасті труби; 4 – поверхневий аератор дискового типу; 5 – стабілізатор потоку

РОЗДІЛ 6

Експериментальні дослідження

В теперішній час відбувається реконструкція відстійників на Лівобережній станції аерації. Підвищення ефективності роботи відстійників може бути досягнуто різним шляхом.

Досліджується процес осідання домішки в горизонтальному відстійнику з похилими пластинами на Лівобережній станції аерації. Була висунута робоча гіпотеза: встановлення похилих пластин всередині відстійника дозволяє підвищити ефективність процесу осідання домішки. Для перевірки цієї робочої гіпотези було проведено комплекс фізичних експериментів. Спочатку досліджувався процес осідання домішки у відстійнику з однією похилою пластиною (рис. 6.1). У відстійник імпульсно подавалася домішка (глина, маса 4 г) і проводилася відеозйомка для візуалізації процесу розсіювання домішки у відстійнику. На рис. 6.1, рис. 6.2 показано формування зони забруднення у відстійнику для двох моментів часу. Добре видно, що пластина, як перегородка на шляху руху домішки, створює спрямований струмінь в бік дна відстійника. Як видно з рис. 6.3, біля лівої стінки відстійника формується насичена зона осідання домішки.



Рисунок 6.1 – Зона забруднення у відстійнику з однією похилою пластиною ($t = 0,3$ с)

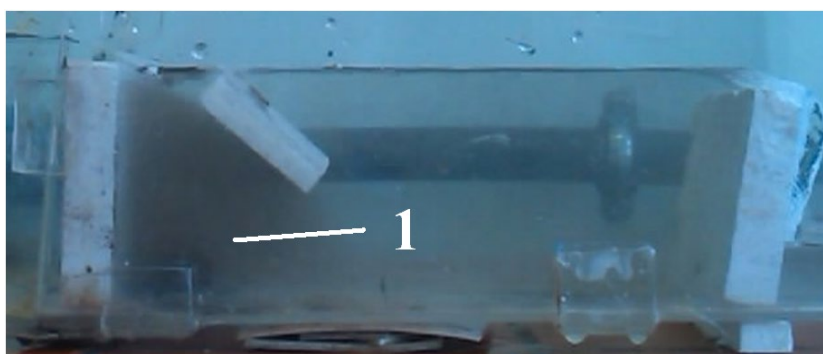


Рисунок 6.2 – Зона забруднення у відстійнику з однією похилою пластиною ($t = 1,7$ с): 1 – зона осідання домішки біля стінки відстійника



Рисунок 6.3 – Зона забруднення у відстійнику з однією похилою пластиною

В табл. 6.1 наведені дані щодо кількості домішки, що осіла у відстійнику з пластиною і без пластин.

Таблиця 6.1 – Маса домішки, що осіла всередині відстійників з однією похилою пластиною і без пластин

	Маса домішки, г				
	1	2	3	4	5
без пластин	3,31	3,59	3,03	3,14	3,88
з однією похилою пластиною	3,43	4,32	3,67	3,45	3,41

З цього можна зазначити, що наявність похилої пластини дозволяє підвищити ефективність осідання домішки.

На другому етапі проводилися дослідження щодо впливу двох похилих пластин на ефективність осідання домішки у відстійнику. Як і в попередньому варіанті, проводилася імпульсна подача домішки у відстійнику і візуалізація процесу осідання домішки (рис. 6.4, 6.5).

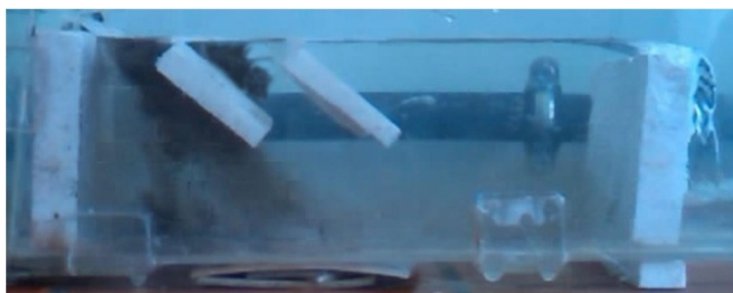


Рисунок 6.4 – Зона забруднення у відстійнику з двома похилими пластинами ($t = 0,6$ с)

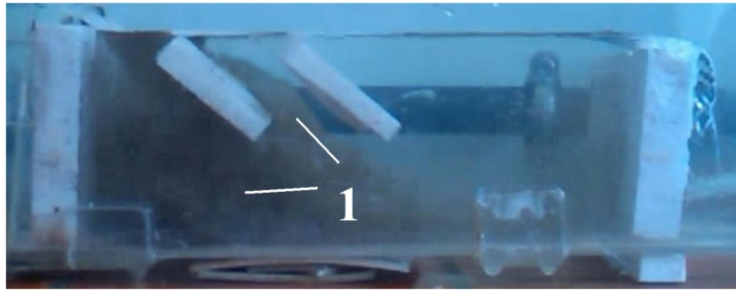


Рисунок 6.5 – Зона забруднення у відстійнику з двома похилими пластинами ($t = 1,8$ с): 1 – зона осідання домішки біля стінки відстійника



Рисунок 6.6 – Зона забруднення у відстійнику з двома похилими пластинами

Як видно з представлених рисунків, найбільший вплив на гальмування потоку домішки надає перша пластина. Вплив другої – значно менший. Добре видно осідання домішки на дні відстійника поблизу його лівої стінки (рис. 6.6). Біля правої стінки відстійника також спостерігається осідання домішки (рис. 6.6), оскільки в цьому місці відбувається гальмування потоку. У табл. 6.2 представлені дані щодо кількості домішки, що осіла всередині відстійника в разі наявності двох похилих пластин і без пластин.

Таблиця 6.2 – Маса домішки, що осіла всередині відстійників з двома похилими пластинами та без пластин

	Маса домішки, г				
	1	2	3	4	5
без пластин	3,42	3,23	3,52	3,62	3,44
з двома похилими	3,67	3,26	3,87	3,96	3,70

Таким чином, фізичний експеримент показав, що використання пластин у відстійнику дозволяє покращити ефективність очистки стічних вод.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз методів очистки стічних вод.
2. Розроблено лабораторну установку для проведення досліджень по ефективності роботи горизонтального відстійника з однією та двома похилими пластинами.
3. Проведено фізичний експеримент по дослідженню ефективності осадження домішки в горизонтальному відстійнику з однією та двома похилими пластинами.
4. Проведено експеримент, який показав, що використання похилих пластин в горизонтальному відстійнику дозволяє підвищити динаміку осадження домішки в очисній споруді.
5. Використання похилих пластин може бути запропоновано на відстійниках Лівобережної станції аерації. Така модернізація не потребує значних коштів.

Список використаних джерел

1. А.с. 1353463 СССР, МКИ В 01 D 21/24. Отстойник / С.И. Эпштейн, В.И. Куклич, З.С. Музыкина, Г.С. Пантелят, И.Н. Шабдаш, Л.В. Парина. – № 3947659/22-26; заявл. 29.08.85; опубл. 23.11.87, Бюл. №43
2. А.с. 1710517 СССР, МКИ С 02 F 1/40, В 01 D 21/00. Тонкослойный отстойник / А.А. Абдураманов, Г.К. Егимбердиева. – № 4817148/26; заявл. 20.02.90; опубл. 07.02.92, Бюл. №5.
3. А.с. 1722528 СССР, МКИ В 01 D 21/08, С 02 F 1/52. Аппарат для осветления воды / Ю.А. Галкин, Л.Л. Кочнев, Г.С. Пантелят, С.Е. Никулин, А.Н. Царенко. – № 4853435/26; заявл. 19.07.90; опубл. 30.03.92, Бюл. №12.
4. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
5. Авраменко, М.И. О $k - \varepsilon$ модели турбулентности / М.И. Авраменко. – Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 2005 – 76 с.
6. Бабенко, С.П. Тонкошаровий елемент удосконаленої конструкції для видалення з води завислих речовин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація» / С.П. Бабенко. – Харків: ХНУБА, 2014. – 22 с.
7. Беляев, Н. Н. Математическое моделирование массопереноса в горизонтальных отстойниках [монографія] / Н. Н. Беляев, В. А. Козачина. – Д.: Акцент ПП, 2015. – 115 с.
8. Беляев, Н.Н. Математическое моделирование массопереноса в отстойниках систем водоотведения [монографія] / Н.Н. Беляев, Е.К. Нагорная. – Д.: Нова ідеологія, 2012. – 112 с.
9. Козачина В.А. Математическое моделирование работы горизонтального отстойника / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур. Присвячено 100-річчю створення Харківської

каналізації: VI всеукраїнський науковий семінар, 15-16 жовтня 2014 р., м. Харків: тези за матеріалами. – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 22-24.

10. Беляєв, Н.Н. Моделирование процесса осветления воды в отстойниках / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина, О.В. Полубинская // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 75 міжнародна науково-практична конференція, 14-15 травня 2015 р, м. Дніпро: тези за матеріалами. – Д.: ДНУЗТ, 2015. – С. 313.

11. Беляєв, Н.Н. Моделирование процесса очистки шахтных вод в горизонтальных отстойниках / Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія Механіка. – Д.: ДНУ, 2015. – № 19. – С. 70-78.

12. Беляєв, Н.Н. Снижение техногенной нагрузки на водоем при сбросе сточных вод за счет повышения эффективности отстойников / Н.Н. Беляєв, Л.Ф. Долина, В.А. Козачина // Електромагнітна сумісність і безпека на залізничному транспорті. Науковий журнал. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – Вып. №3. – С. 92-97.

13. Беляєв, Н.Н. Усовершенствованная методика расчета горизонтального отстойника / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина // Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. Присвячено 50-річчю кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки НУВГП: міжнародна науково-технічна конференція, 11-13 березня 2015 р., м.Рівне: тези за матеріалами. – Рівне: НУВГП, 2015. – С. 92-93.

14. Беляєв, Н.Н. Численное исследование процесса осветления воды в горизонтальных отстойниках / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 74 міжнародна науково-практична конференція, 15-16 травня 2014 р, м. Дніпро: тези за матеріалами. – Д.: ДНУЗТ, 2014. – С. 315-316.

15. Беляєв, Н.Н. Численное моделирование процесса осветления шахтных вод в горизонтальном отстойнике / Н.Н. Беляєв, Е.Ю. Гунько, В.А. Козачина // Геотехнічна механіка. Міжвідомчий збірник наукових праць. – К.: Інститут

геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, 2014. – № 114 – С. 240-250.

16. Беляєв, Н.Н. CFD моделювання процесу формування осаду в горизонтальному отстойнику / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – №3 (81). – С. 222-225.

17. Беляєв, Н.Н. CFD моделювання процесу формування осаду в горизонтальному отстойнику / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина // Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд. Присвячено 85-річчю ХНУБА: VII міжнародна наукова конференція, 20-21 жовтня 2015 р., м. Харків: тези за матеріалами. – Харків: ХНУБА, 2015. – С. 14-15.

18. Беляєв, Н.Н. CFD моделювання роботи горизонтального двохетажного отстойника з поворотом потоку в вертикальній площині / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Д.: НГУ, 2014. – №45. – С. 152-157..

19. Беляєв, Н.Н. CFD моделювання роботи горизонтального отстойника со струєнаправляючими пластинами / Беляєв Н.Н., Козачина В.А // Вода та водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – К., 2014. – №2 (15) – С. 50-55.

20. Василенко А.И. Проектирование канализации населенных мест / А.И. Василенко, А.А. Василенко. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – К.: Будівельник, 1985. – 136 с.

21. Василенко, О.А. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник / О.А. Василенко, С.М. Епоян – Київ, Харків: КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. – 540 с.

22. Водовідведення і очищення стічних вод міста. Навчальний посібник / [С.М. Епоян, Г.М. Смірнова, І.В. Корінько, С.П. Пашкова, В.Ю. Сорокіна, Г. Вевелер]. – Харків: Видавнича група «РА Каравела», 2003. – 144 с.

23. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов / [С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун]. – М.: Стройиздат, 1996. — 591 с.
24. Водопостачання (очистка природних вод) / С.М. Епоян, Г.І. Сухоруков, О.Г. Друшляк, В.В. Шилін. Навчальний посібник – Харків, ХДТУБА, 2001. – 191 с.
25. Водопостачання та очистка природних вод. Навчальний посібник / С.М.Епоян, В.Д. Колотило, О.Г.Друшляк, Г.І.Сухоруков, Т.С. Айрапетян. – Х.: Фактор, 2010. – 192 с.
26. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебное пособие / Ю.В. Воронов. - М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2009. – 760 с.
27. Гарбарук, А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
28. Гнедин, К.В. Режим работы и гидравлика горизонтальных отстойников / К.В. Гнедин. – Київ: Вид-во «Будівельник», 1974. – 223 с.
29. Гуревич, М. И. Теория струй идеальной жидкости / М.И. Гуревич. – М.: Наука, 1979. – 536 с.
30. Давидян, М.А. Моделирование работы тонкослойного отстойника с каналами для отвода осадка при очистке воды хозяйственно-питьевого назначения / Давидян М.А // Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010 – Вип. 60. – 5 с.
31. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2013. – 172 с.
32. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2013. – 128 с.

33. Демура, М.В. Проектирование тонкослойных отстойников / М.В. Демура – К.: Будівельник, 1981. – 50 с.
34. Душкин, С.С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды / С.С. Душкин, Г.И. Благодарная. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – 95 с.
35. Епоян, С.М. Використання активованих розчинів коагулянтів сульфату алюмінію в процесах підготовки питної води / С.М. Епоян, С.С. Душкін // Досягнення та перспективи розвитку водогосподарської галузі: до 100-річчя від дня народження Гаркуші М.А. – першого міністра меліорації і водного господарства України, Державне агентство водних ресурсів України, міжнар. наук.-практ. конф., 11-12 вересня 2014: тези за матеріалами – К., 2014. – С. 97-100.
36. Епоян, С.М. До розрахунку горизонтального відстійника з пористою полімербетонною перегородкою систем господарсько-питного водопостачання / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2012. – Вип. 68. – С. 244-248.
37. Епоян, С.М. Імпульсна промивка пористої перегородки горизонтального відстійника / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // 71-а наук.-техн конф., 15-17 березня 2016, м. Харків: тези за матеріалами. – Харків: ХНУБА. – 2016. – С.40.
38. Епоян, С.М. Особливості роботи водопровідних горизонтальних відстійників з пористою полімербетонною перегородкою / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Строительство, архитектура, экология, общественные науки: XXXVI НТК ХНАГХ, м. Харків: тези за матеріалами. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 106-108.
39. Епоян, С.М. Особливості роботи пористої полімербетонної перегородки водопровідного горизонтального відстійника і її регенерація / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2012. – Вип. 69. – С. 327-331.

40. Епоян, С.М. Особливості і експлуатації водопровідного горизонтального відстійника з пористою полімер-бетонною перегородкою / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков, Т.С. Айрапетян // Комунальне господарство міст. Наук. техн. зб. ХНУМГ ім. О.М.Бекетова. – Харків: ХНУМГ, 2013. – Вип.110. – С. 77-81.