

## Реферат

Розрахунково-пояснювальна записка містить 32 сторінки, 3 рисунка (один з них — Додаток А) та 14 літературних джерел.

Ключові слова: стічна вода, очистка стічної води, забруднювачі, механічна очистка, біоочистка, аеротенк, активний мул.

Метою даного курсового проекту є обґрунтування і вибір технології, проведення технологічних розрахунків по заданих параметрах, підбір обладнання для здійснення очистки міських стічних вод.

До основних завдань проекту відноситься: вивчення сутності процесів очистки стічних вод, їх різновидів, вивчення будови апаратів, які використовуються для механічної та біологічної очистки стічних вод, характеристика технологічної схеми.

Були також проведені розрахунки, які підтвердили ефективність впровадження обладнання в виробничий процес.

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

## Вступ

У річках та інших водоймищах відбувається природний процес самоочищення води. Однак він протікає повільно. Доки промислово-побутові скиди були невеликі, річки самі справлялися з ними. У наше індустріальне століття, у зв'язку з різким збільшенням відходів, водоймища вже не справляються з таким значним забрудненням. Виникла необхідність знешкоджувати, очищати стічні води й утилізувати їх.

Водовідведення очистка стічних вод при сучасних масштабах розвитку є вкрай необхідними заходами. Неочищена стічна вода являє колосальну загрозу для навколишнього середовища, викликаючи порушення в її екосистемах, а також для людини, представляючи загрозу для його життєдіяльності.

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

## 1. Аналітичний огляд

### 1.1. Методи очищення стічних вод

Для очищення стічних вод використовуються різні методи:

- механічні;
- біологічні (або біохімічні);
- хімічні та фізико-хімічні;
- електрохімічні;
- глибоке очищення (доочищення після повної біологічної очистки;
- термічне знешкодження;
- зnezаражування і обробка осаду.

При цьому використовують комплекс окремих споруд, в яких по ходу руху стічна вода послідовно очищається спочатку від крупних, а потім від все менших за розмірами забруднень. В спорудах для механічного очищення видаляються найбільш крупні та важкі забруднення, а потім основні маси нерозчинених забруднень; в послуючих спорудах для біологічного очищення видаляються залишкові тонкі суспензії та колоїдні і розчинені органічні забруднення, після чого відбувається зnezараження стічних вод (дезинфекція) [5].

Для того, щоб обрати найбільш правильну схему очищення стічних вод, потрібно мати інформацію щодо необхідного ступеня очищення стічних вод. На підставі обчисленого необхідного ступеня очищення стічних вод обирається метод очищення за даними таблиці 1.1. [6]

Рекомендовані методи очищення	Необхідний ступінь очищення, мг/дм <sup>3</sup>	
	за завислими речовинами	за БПК
Механічне	80	-
Механічне і частково біологічне	25-80	25-80
Механічне і повне біологічне	15-25	15-25
Механічне, повне біологічне і доочищення	< 15	< 15

Таблиця 1.1. – Залежність методу очищення від необхідного ступеня очищення

1.2.1.Механічне і хімічне очищення стічних вод

Метод механічного очищення стічних вод з наступним розташуванням споруд: решітки для затримання крупних речовин органічного й мінерального походження; піскоуловлювачі для виділення важких мінеральних забруднень (головним чином піску); відстійники для виділення осаджуваних речовин (головним чином органічних); хлораторна установка з контактними резервуарами, в яких відбувається контакт освітленої води з хлором із метою знищення патогенних бактерій. Після дезінфекції вода може бути скинута у водойми.

Осад із відстійників прямує на мулові майданчики для підсушування або спочатку в метантенки для зброджування; газ, що при цьому утворюється, використовується для потреб очисної станції.

Зброджений осад з метантенків прямує для зневоднення на мулові майданчики, або в мулові ставки (на невеликих або середніх станціях), або на вакуум-фільтри (на великих станціях). Зневоднений осад складається в штабеля, звідки вивозиться на поля для добрива, а дренажна вода приєднується до загального потоку стічних вод і підлягає дезінфекції. в залежності від місцевих умов і обсягу очищуваних вод замість відстійників і метантенків можуть використовуватись двоярусні відстійники, в яких операції освітлення води і зброджування осаду та поєднані в одній споруді.

Метод хімічного очищення аналогічний методу механічного очищення і відрізняється від нього тільки введенням перед відстійником змішувача і реагентного господарства.

Решітки і піскоуловлювачі розташовуються у тій же послідовності, що і в попередньому методі.

Із цих споруд стічна вода потрапляє в змішувач, де до неї додається реагент для коагулювання. Зі змішувача стічна вода потрапляє у відстійник для прояснення. Із відстійника стічна вода випускається або прямо у водойму, або спочатку до фільтру для додаткового прояснення, а потім у

водойму. Перед випуском у водойму, якщо це потрібно за нормами, вода може бути ще й продизінфікована.

Спори для переробки осаду такі ж як і при механічному очищенні стічних вод. Зброджування осаду в метантенках робиться при значному (близько 50 %) вмісту органічних речовин [3].

### 1.2.2. Біологічне очищення стоків на полях зрошення і полях фільтрації

Далі розглянемо метод біологічного очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації.

Стічна вода, що пройшла через решітки, надходить в піскоуловлювачі, а потім у відстійники для освітлення та дегельмінтизації, звідки вона надходить на поля зрошення або поля фільтрації, а потім у водойму. Застосування відстійників дозволяє збільшити навантаження на поля; крім того відстійники покращують якість стічної води з санітарно-гігієнічної точки зору. Осад з відстійників обробляють як і в вищеописаних методах.

### 1.2.3. Біологічне очищення стоків із застосуванням мембранних фільтрів

Також пріоритетним напрямком є проектування і будівництво очисних споруд побутових стічних вод із застосуванням сучасних технологій і обладнання, які передбачають: механічне і біологічне очищення, мембранну фільтрацію, знезараження і зневоднення осаду.

На першому етапі застосовується механічне очищення, яку оптимально проводити за двохступеневою схемою: спочатку видаляють тверді відходи за допомогою механізованою решітки з шириною прозору 6 мм, потім - більш дрібні включення розміром до 3 мм.

Другий етап - біологічне очищення в аеротенку, де відбуваються основні процеси обробки забруднюючих речовин - нітрифікація і денітрифікація. Оптимальна тривалість знаходження стічних вод в аеробних і анаеробних умовах визначається за допомогою спеціальних датчиків.

Далі стоки прямують на мембранні установки, де відбувається відділення води від мулової суміші, рециркуляція активного мулу, додаткове очищення, знезараження і насичення стоків киснем. Мембранна фільтрація

дозволяє затримувати тонкодисперсні та колоїдні домішки, макромолекули, водорості, одноклітинні мікроорганізми, бактерії та деякі віруси і одразу направляють очищену та збагачену киснем на остаточне знезараження на установку ультрафіолетового опромінювання.

Збитковий мул для зневоднення направляється в центрифуги з дозаторами флокулянта. На виході отримують осад вологістю 70 %.

Автоматизація системи керування процесом вирішує питання постійного моніторингу технологічного циклу, дає можливість змінення параметрів роботи через інтернет.

Застосування сучасного застосування і технологій дозволяє оптимізувати ряд етапів технологічного ланцюга, що суттєво зменшує площу, що займають споруди. Так використання мембранних установок дає можливість зменшити розмір аеротенка і відмовитись від будівництва вторинних відстійників за рахунок інтенсифікації процесу муловідокремлення і забезпечення повернення в аеротенк активного, насиченого киснем мулу. При застосуванні центрифуг для зневоднення досягається така вологість осаду на виході, при якій його одразу ж можна депонувати на спеціальних полігонах або використовувати як рекультивант, що виключає із технологічної схеми мулоущільнювач і мулонакоплювачі.

Зменшення площі і використання сучасних матеріалів і технологій веде до зменшення об'єма будівельно-монтажних робіт, а значить і строків реалізації всього проекту. Наприклад, виконання аеротенку у вигляді земляних ємностей з ложем і відкосами, вкритих спеціальним водонепроникним матеріалом, зменшує строки будівництва в 10-15 разів за рахунок виключення часу, необхідного на твердіння та набору міцності бетону.

Значне покращення техніко-економічних показників роботи аеротенку досягається за рахунок застосування енергозберігаючої аераційної системи пластинчатого типу, обладнаної спеціальними датчиками вмісту кисню, які подають сигнал про необхідність аерації.

Запропонована система очищення має беззаперечні переваги, обумовлені довгим терміном експлуатації, високою надійністю і екологічністю, економічністю витрати матеріальних ресурсів і електроенергії. Обладнання забезпечує стабільний і керований режим

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

очищення стоків на всьому діапазоні робочих параметрів і протягом всього періоду служби, що гарантує відсутність понадлімітних скидів [7].

#### 1.2.4. Очищення стічних вод із застосуванням біофільтрів

Процес очищення включає стадії: видалення механічних домішок на піскоуловлювачах, первинне відстоювання, біологічне очищення, вторинне відстоювання, доочищення на фільтрах з ершовим завантаженням і знезараження на ультрафіолетових бактеріцидних лампах.

Метод біологічного очищення відбувається із застосуванням біофільтрів і призначений для повного біологічного очищення.

Біологічне очищення відбувається завдяки наявності двох зон - аеробної і анаеробної зон. Процес нітрифікації (окислення амонійного азоту до нітратів) здійснюється хемоавтотрофними аеробними бактеріями, існування яких можливе тільки за наявності в муловій суміші розчиненого кисню в концентраціях більше 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Істотне насичення води киснем при обертанні барабанів біофільтра не забезпечує потрібного вмісту розчиненого кисню, що не дозволяє отримати нормативну якість води, перш за все за вмістом амонійного азоту. У зв'язку з цим необхідна додаткова аерація.

В присутності легкоокислюваних органічних домішок діяльність бактерій-нітрифікаторів інгібується. Тому для нормального протікання процесу повинне забезпечуватись попереднє зниження легкоокислюваної органіки на 30-35 %, що може бути виконане шляхом окислення при попередній аерації стічних вод. Таке рішення дозволяє знизити навантаження на активний мул по органіці і відповідно скоротити час, необхідний для повного окислення амонійного азота.

В схемі передбачається застосування попередньої аерації стоків шляхом установа системи дрібнобульбашкової аерації в баці гасіння напору. Для нормалізації умов протікання нітрифікації організується дозування лужного агенту в піскоуловлювачі, так як на ефективність окислення з'єднань амонія впливає рН середовища.

Анаеробна зона також обладнана системою дрібнобульбашкової аерації з дисковими мембранами. Аераційна система розташована таким чином, щоб забезпечилось дотримання кисневого режиму по всій довжині зони зі

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

зниженням інтенсивності аерації у кінці коридору, оскільки потреба у кисні по всій довжині змінюється від максимальної на початку до мінімальної наприкінці. Повітря на аерацію подається повітродувкою.

Виконані заходи дозволяють отримати нормативну якість очищеної води за вмістом азоту, але повного видалення фосфора в процесі біологічного очищення не відбувається. Необхідно відмітити, що зниження вмісту біогенного фосфора до нормативних показників на таких спорудах можна досягти тільки шляхом використання реагентів, наприклад, алюмінієвих коагулянтів. Дозування алюмінієвого коагулянта здійснюється в проясненні стоки при надходженні їх на блок доочищення з їршовою загрузкою.

#### 1.2.5. Очищення методом біотехнології нітриденітрифікації

Існуючі методи очищення стічних вод дозволяють провести очищення стічних вод від азоту на 10-30 %, що не зовсім відповідає вимогам, що висуваються до якості очищених стоків.

Збільшення ефективності очищення по загальному азоту можна досягти, якщо використовувати біотехнологію нітриденітрифікації, яка дозволяє ефективно видаляти органічні речовини та з'єднання азоту із побутових стоків. Якість очищеної води за цими показниками відповідає найжорсткішим вимогам.

Реалізація біотехнології пов'язана із створенням в аеротенку двох типів зон:

- аеробної зони (висока концентрація розчиненого кисню, більше 3 мг/дм<sup>3</sup>), де протікають процеси аеробного очищення від органічних речовин, нітрифікація;
- аноксидної зони (розчинений кисень практично відсутній, але є нітрати, а також органічні речовини), де відбувається процес денітрифікації.

При доповненні технологічної схеми аноксидною схемою паралельно з процесом нітрифікації відбувається процес денітрифікації – переведення нітратного азоту в азот молекулярний, що віддувається при аерації, в



атмосферу. На стадії денітрифікації окислення органічних речовин відбувається не киснем, а нітратами, що дозволяє зменшити витрату повітря і затрати на аерацію. За окислювальною здатністю 1 г нітратного азоту еквівалентен 2,86 г молекулярного кисню.

Аноксидні умови створюються заміною аерації на механічне перемішування, що забезпечує підтримання активного мулу у завислому стані. Механічне перемішування вигідніше ніж аерація, однак для діючих очисних споруд реконструкція аеротенків із заміною аерації на механічне перемішування потребує значних капітальних витрат. Альтернативний підхід полягає у створенні аноксидних умов в аеротенку за рахунок низької (мінімально допустимої для запобігання осідання активного мулу) інтенсивності аерації.

Таким чином, результати застосування біотехнології нітриденітрифікації дозволяє суттєво зменшити вміст нітратного і загального азоту в очищеній воді [9].

#### 1.2.6. Очищення на базі мембранних біореакторів

Попереднє очищення стічних вод відбувається за схемою аналогічною розгляненим раніше. Метод відрізняється способом відділення активного мулу від очищеної води. Цей процес здійснюється в мембранному біореакторі. Там також відбуваються процеси доочищення і глибокого незараження.

Попередньо очищена від грубих механічних домішок стічна вода надходить в аеротенк. Мулова суміш, що утворюється в аеротенку, за допомогою аерації циркулює через мембранний модуль й омиває мембрани. Вони служать для відділення активного мулу від очищеної води і глибокого очищення оброблюваних стічних вод від найменших завислих і колоїдних речовин, а також бактерій і більшості вірусів.

Застосування мембран дозволяє збільшити концентрацію активного мулу у декілька разів в порівнянні зі звичайним аеротенком, тому його розміри суттєво, на 50-80 % менше розмірів звичайного аеротенка-витиснювача. Крім того, висока концентрація активного мулу сприяє більш глибокому очищенню стоків.

Аерація переважно здійснюється за допомогою дрібнобульбашкових аераторів.

Біореактори можуть бути різними за конструкціями й типом мембран. Найбільш технологічними і ефективними є біореактори з понурними мембранами. Мембранні модулі цих біореакторів знаходяться в аеротенку, що дозволяє зменшити розміри споруд.

Регенерація в мембранних біореакторах здійснюється автоматично підбором режиму фільтрування й зворотнім промиванням.

До переваг очищення побутових стічних вод на базі мембранних біореакторів можна віднести:

- значне зниження собівартості очищення, оскільки мембранний біореактор виробляє значно меншу кількість збиткового активного мулу у порівнянні зі звичайним аеротенком;
- зменшення розмірів споруд;
- спрощення знезараження очищених стоків за рахунок затримання ультрафільтраційними мембранами більшості бактерій і вірусів;
- легкість автоматизації роботи [10].

#### 1.2.7. Біологічне очищення стічних вод в аеротенках

Наступним методом очищення побутових стоків є біологічне очищення в аеротенках.

Попереднє очищення відбувається на решітках, у піскоуловлювачах, в преаераторах і відстійниках. Подальше очищення відбувається в аеротенках з механічною аерацією (або пневматичною), потім у вторинних відстійниках і закінчується дезінфекцією, після чого вода скидається у водойму.

Активний мул із вторинних відстійників перекачується в аеротенк (циркуляційний активний мул), а частина, що залишилась (надлишковий мул) передається в преаератор та мулоущільнювачі. Після мулоущільнювачів мул надходить на утилізаційну установку, де оброблюється разом з осадам первинних відстійників [5].

Біологічне очищення стічних вод в залежності від вимог до скиду стічних вод у водойму може бути повна або неповна. Осад може

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

оброблюються і в аеробних (мінералізаторах) і в анаеробних умовах на станціях малої та середньої пропускної здатності.

Вибір типу споруд для біологічного очищення стічних вод залежить від цілого ряду факторів. До основних з них належать: потрібна ступінь очищення стічних вод, розмір площі для очисних споруд, характер ґрунтів, рельєф поверхні тощо.

При виборі схеми очисних споруд необхідно враховувати економічні показники – будівельну і експлуатаційну вартість споруд.

Цей метод має свої недоліки:

1. Без електроенергії не може бути забезпечений достатній рівень очищення. Оскільки компресор не працюватиме, відбудеться загибель бактерій і активного мулу.
2. Складне обладнання, що використовується в роботі аеротенках, потребує постійного контролю.

До переваг використання аеротенків можна віднести такі моменти:

1. Спорудження забезпечує високий рівень очищення забрудненої рідини.
2. Таку конструкцію не потрібно утеплювати на зиму, оскільки при переробці органічних відходів виділяється велика кількість енергії, що дозволяє навіть взимку підтримувати потрібну температуру всередині конструкції.
3. Довгий термін експлуатації.
4. Повна автоматизація процесу.

Тож цей метод можна вважати самим прогресивним та доцільним для використання. Саме за допомогою нього очищуються міські стічні води міста Кременчук.

Стадія біологічної очистки була обрана основною стадією для курсового проекту.

## **2. Характеристика готового продукту, сировини, матеріалів**

Об'єктом дослідження проблеми очищення побутових стічних були обрані каналізаційні очисні споруди в місті Кременчук.

Коротка характеристика стічних вод

Побутові стічні води — утворюються шляхом природних потреб людини (використання санітарно-технічних приладів). Побутові стічні води

утворюються в житлових, адміністративних і комунальних будівель (лазні, пральні, будинки відпочинку і т.д.)

Виробничі стічні води — утворюються в процесі виробництва (технічні розчини, технологічні і промивні води, води від миття обладнання, охолодження і т.д.)

Основними характеристиками стічних вод є — кількість стічних вод (л / сек, м<sup>3</sup> / добу, м<sup>3</sup> / зміну, і т.д.), концентрації забруднень (мг / л, г / м<sup>3</sup>), нерівномірність надходження стічних вод. Відзначимо, що всі ці характеристики необхідні для проектування систем водовідведення (водовідвідні мережі, очисні споруди).

Стічні води, що надходять на очищення мають наступну характеристику (таблиця 2.1.).

Показники	Од. вим.	Концентрація забруднюючих речовин		
		мін.	макс.	серед.
ХСК	мг/дм <sup>3</sup>	265	490	378
БСК <sub>5</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	182	340	251
Азот амонійний	мг/дм <sup>3</sup>	36,5	78,0	58,1
Нітрити	мг/дм <sup>3</sup>	н/в	н/в	н/в
Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	н/в	н/в	н/в
Фосфати	мг/дм <sup>3</sup>	6,3	15,7	8,8
Зважені речовини	мг/дм <sup>3</sup>	165	388	248
Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	194	236	210
Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	195	282	239
Н/продукти	мг/дм <sup>3</sup>	0,9	1,3	1,0
СПАР	мг /дм <sup>3</sup>	2,7	5,8	3,5

Таблиця 2.1. - Характеристика вихідної стічної води.

Після проведення всіх заходів щодо очищення побутових стоків утворюється очищена вода, що скидується в річку Псьол, та осад (осад з відстійників та збитковий активний мул). Вимоги до якості очищеної води наведені в таблиці 2.2.[11].

Показники складу зворотних вод	Затверджена допустима концентрація, мг/дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	15,0
БСК <sub>5</sub>	15,0
ХСК	60
Азот амонійний	2,0
Нітрити	1,0
Нітрати	45
Сульфати	200
Хлориди	200
Мінералізація	1050
Фосфати	3,5
Залізо (загальне)	0,3
СПАР	0,35
Нафтопродукти	0,3
pH	6,5 – 8,5
Розчинений кисень	Не <4,0
Колі-індекс	Не більше 1000 КУО/дм <sup>3</sup>
Колі-фаги	Не більше 1000 БУО/дм <sup>3</sup>
Яйця гельмінтів	Відсутність

Таблиця 2.2. - Вимоги до якості води

### 3. Технологічна схема та її опис

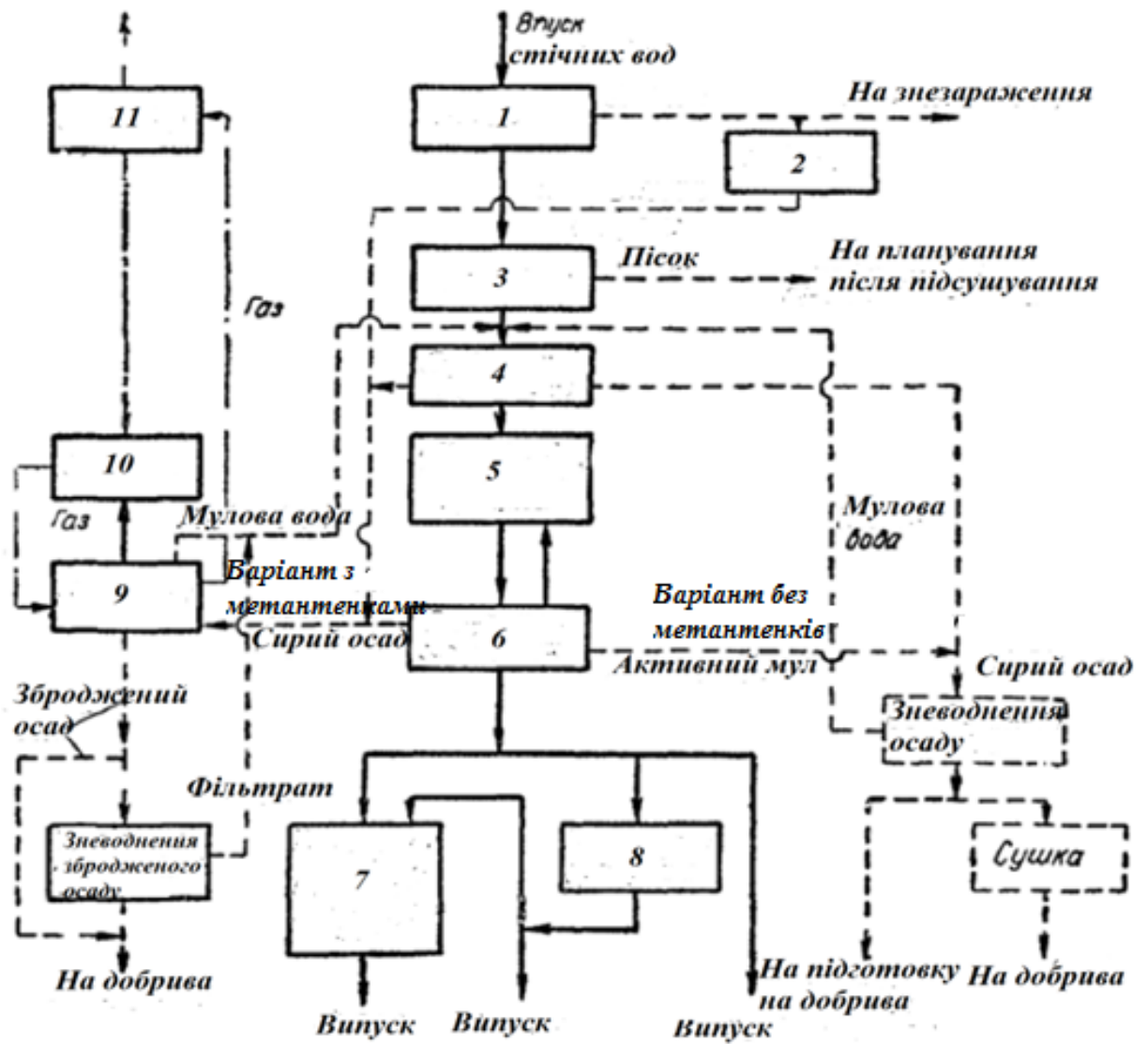
Міські стічні води обробляються на спорудах механічного та біохімічного (біологічного) очищення.

При механічному очищенні із стічної води видаляються забруднення, що знаходяться в ній головним чином в нерозчиненому і частково колоїдному стані. У спорудах механічного очищення видаляються забруднення великого розміру (гілки дерев, листя, папір, різноманітне сміття і т.д); затримуються забруднення мінерального походження (пісок); видаляються завислі речовини, в залежності від щільності вони або осідають на дно відстійника, або спливають на поверхню.

Для подальшого очищення стічних вод від органічних забруднювачів на каналізаційних очисних спорудах застосовують біохімічне очищення, засноване на використанні життєдіяльності мікроорганізмів, які окислюють органічні речовини, що знаходяться в стічних водах. Біохімічним методом вдається майже повністю звільнитися від органічних забруднень, що залишаються у воді після механічного очищення. Серед споруд біологічного очищення в Кременчуці застосовують чотирьохкоридорні аеротенки. Відокремлення очищеної води від активного мулу відбувається у вторинних відстійниках.

Остаточне знезараження води відбувається в контактних резервуарах. На Кременчуцьких очисних спорудах як реагент застосовують гіпохлорит натрію.

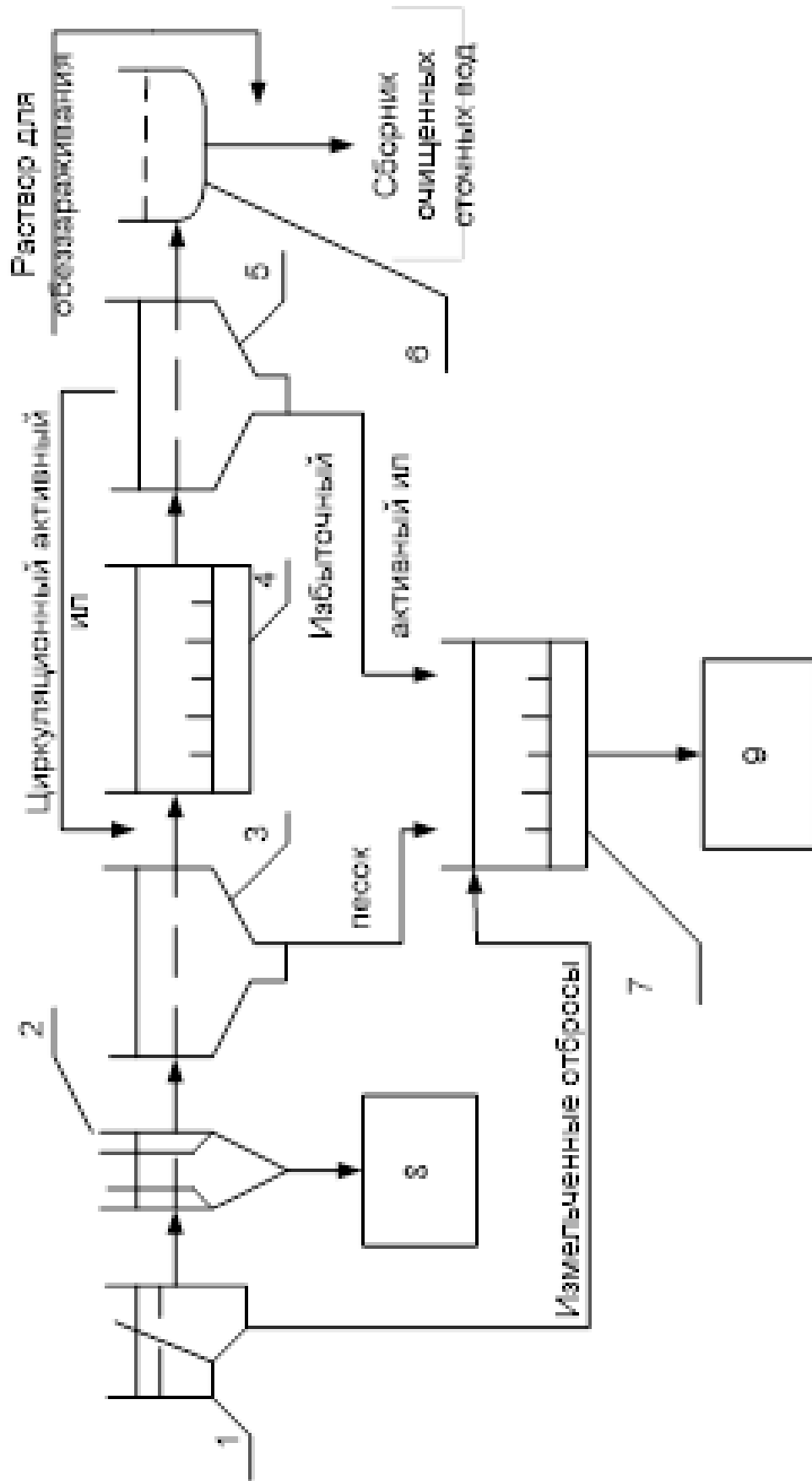
					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17



1 – решітка; 2 – дробарка; 3 – піскоуловлювач; 4 – первинний відстійник; 5 – аеротенк з механічною аерацією; 6 – вторинний відстійник; 7 – хлораторна установка та контактні резервуари; 8 – механічне фільтрування; 9 – метантенк; 10 – котельня; 11 – газгольдер

Рисунок 3.1. – Схема біологічного очищення в аеротенках з механічною аерацією

#### 4. Апаратурно-технологічна схема



Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ПЗ162 10



## 5. Технологічні розрахунки

5.1. Розрахунок матеріального балансу технологічного процесу очистки міських стічних вод

Для розрахунку матеріального балансу технологічного процесу приймаються наступні вихідні дані:

Продуктивність установки –  $Q_{CB}=4500 \text{ м}^3/\text{доб} = 187,5 \text{ м}^3/\text{год}$ . Вміст шкідливих речовин у стічній воді перед очищенням:  $C_{\text{зав.час.}}=250 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{БСК}=250 \text{ мг/дм}^3$ ;  $C_{\text{азот.атм.}}=58 \text{ мг/дм}^3$ .

Спочатку визначимо масу стічних вод, що надходить на біохімічну установку:

$$m_{CB} = Q_{CB} \cdot \rho_{CB} \quad (1)$$

$$m_{CB} = 187,5 \cdot 1000 = 187500 \text{ кг/год}$$

Розрахуємо кількість речовин, що містяться у стічній воді. Маса завислих речовин знайдемо за наступною формулою:

$$m_{\text{зав.реч.}} = Q_{CB} \cdot C_{\text{зав.реч.}} \quad (2)$$

$$m_{\text{зав.реч.}} = 187,5 \cdot 250 = 46825 \text{ г/год} = 46,8 \text{ кг/год}$$

Щоб знайти масу органічних речовин, припустимо, що  $m_{\text{орг.реч.}} = \text{БСК}$

Тоді маса органічних речовин буде дорівнювати:

$$m_{\text{орг.реч.}} = Q_{CB} \cdot \text{БСК} \quad (3)$$

$$m_{\text{орг.реч.}} = 187,5 \cdot 250 = 46825 \text{ г/год} = 46,8 \text{ кг/год}$$

Знайдемо масу азоту амонійного у очищуваній воді:

$$m_{\text{азот.атм.}} = Q_{CB} \cdot C_{\text{азот.атм.}} \quad (4)$$

$$m_{\text{азот.атм.}} = 187,5 \cdot 58 = 10875 \text{ г/год} = 10,87 \text{ кг/год}$$

Стічна вода, що потрапляє на каналізаційні очисні споруди, після очищення від крупних забруднень, потрапляє на пісковловлювачі для відділення піску та інших мінеральних домішок. Ефективність очищення в

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

пісковловлювачі складає 20 % (E=20 %), а вологість осаду – 60 % (φ=60 %).  
Маса завислих часток, що осіли розраховують за формулою:

$$m_{зав.час.}^{осів} = \frac{m_{зав.час.} \cdot E}{100\%} (5)$$

$$m_{зав.час.}^{осів} = \frac{46,8 \cdot 20}{100\%} = 9,36 \text{ кг/год}$$

Маса часток, що залишились у воді становить:

$$m_{зав.час.}^{зал.} = m_{зав.час.} - m_{зав.час.}^{осів} (6)$$

$$m_{зав.час.}^{зал.} = 46,8 - 9,36 = 37,44 \text{ кг/год}$$

Тоді маса вологого осаду становить:

$$m_{вол.осад.} = \frac{m_{зав.час.}^{осів} \cdot 100\%}{100\% - \varphi} (7)$$

$$m_{вол.осад.} = \frac{9,36 \cdot 100\%}{100\% - 60} = 23,4 \text{ кг/год}$$

Маса освітленої води після видалення вологого осаду:

$$m_{СВ}^{осв.} = m_{СВ} - m_{вол.осад.} (8)$$

$$m_{СВ}^{осв.} = 187500 - 23,4 = 187476,6 \text{ кг/год}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.1.1.

№ статті	Прихід	кг/год	№ статті	Витрата	кг/год
1	Вихідна стічна вода в т.ч.:	187500	1	Прояснена стічна вода в т.ч.:	187476,6
	завислі частки	46,8		завислі частки	37,14
	органічні речовини	46,8		органічні речовини	46,8
	азот амонійний	10,87		азот амонійний	10,87
			2	Вологий осад в т.ч.:	23,4
				завис.часточки	9,36
				вода	14,04
	Усього	187500		Усього	187500

Таблиця 5.1.1. - Матеріальний баланс пісколовоч

Далі очищувана вода потрапляє у первинний відстійник. Ефективність очищення у відстійнику складає 50 % (E=50 %), а вологість осаду – 95 % (φ=95 %). Маса завислих часток, що осіли розраховують за формулою (5):

$$m_{\text{зав.час.}}^{\text{осів}} = \frac{37,14 \cdot 50}{100} = 18,57 \text{ кг/год}$$

Маса завислих часток, що залишились у воді розраховують за формулою (6.6):

$$m_{\text{зав.час.}}^{\text{зал.}} = 37,14 - 18,57 = 18,57 \text{ кг/год}$$

Маса вологого осаду розраховуємо за формулою (6.7):

$$m_{\text{вол.осад.}} = \frac{18,57 \cdot 100}{100 - 95} = 371,4 \text{ кг/год}$$

Масу води, що вийшла з первинного відстійника, розраховують за формулою (6.8):

$$m_{\text{СВ}}^{\text{осв.}} = 187476,6 - 371,4 = 187105,2 \text{ кг/год}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.1.2.

№ статті	Прихід	кг/год	№ статті	Витрата	кг/год
1	Стічна вода після пісковловлювача в т.ч.: завислі частки органічні речовини азот амонійний.	187476,6	1	Прояснена стічна вода в т.ч.: завислі частки органічні речовини азот амонійний	187105,2
		37,14			18,57
		46,8			46,8
		10,87			10,87
			2	Вологий осад	371,4
	Усього	187476,6		Усього	187476,6

Таблиця 5.1.2. - Матеріальний баланс первинного відстійника

Перевіримо чи задовольняє очищення у первинному відстійнику умовам подачі води у аеротенк ( $C_{\text{зав.час.}}$  не більше  $100 \text{ мг/дм}^3$ ).

$$C_{\text{зав.час.}} = \frac{m_{\text{зав.час.}}}{V_{\text{СВ}}} \quad (9)$$

де  $m_{\text{зав.час.}}$  – маса завислих часток, що залишились у воді.

$$C_{\text{зав.час.}} = \frac{18,57}{187,1} = 0,0992 \text{ г/дм}^3 = 99,2 \text{ мг/дм}^3$$

Із отриманого значення видно, що умови очищення у первинному відстійнику дотримуються.

Далі очищувана вода потрапляє на біологічне очищення в аеротенк.

Кількість зворотного активного мулу, необхідного для біологічного очищення знаходять за формулою:

$$m_{AM} = D_{AM} \cdot Q_{CB} \quad (10)$$

де  $D_{AM}$ — доза активного мулу, г/дм<sup>3</sup>;  $D_{AM} = 1,5$  мг/дм<sup>3</sup>.

$$m_{AM} = 1,5 \cdot 187,1 = 280,65 \text{ кг/год}$$

Маса вологого активного мулу ( $\varphi = 99,7\%$ ) становить:

$$m_{\text{вол.мулу}} = \frac{M_{AM} \cdot 100\%}{100\% - \varphi} \quad (11)$$

$$m_{\text{вол.мулу}} = \frac{280,65 \cdot 100}{100 - 99,7} = 93550 \text{ кг/год}$$

Під час біохімічного очищення деяка кількість активного мулу приростає. Приріст активного мулу обчислюють за наступною формулою:

$$P_i = 0,8 \cdot C_{cdp} + K_g \cdot L_{en} \quad (12)$$

де  $P_i$ — приріст активного мулу, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{cdp}$ — концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_g$ — коефіцієнт приросту (для міських і близьких до них по складу виробничих стічних вод  $K_g = 0,3$ );

$L_{en}$ — БСК стічної води, що надходить в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>.

$$P_i = 0,8 \cdot 99,8 + 0,3 \cdot 250 = 154,36 \text{ мг/дм}^3$$

Маса активного мулу, що приростає наступна:

$$m_{\text{пр.АМ}} = P_i \cdot Q_{CB} \quad (13)$$

$$m_{\text{пр.АМ}} = 154,36 \cdot 187,1 = 2880,75 \text{ г/год} = 28,88 \text{ кг/год}$$

Загальна маса активного мулу, що перейде у вторинний відстійник буде наступною:

$$m_{AM}^{\text{заг.}} = m_{\text{вол.мулу}} + m_{\text{пр.АМ}} \quad (14)$$

$$m_{AM}^{\text{заг.}} = 93550 + 28,88 = 93578,88 \text{ кг/год}$$

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

Ефективність очищення в аеротенку складає 96 % (E=96 %). Тоді масу видаленого амонійного азоту розраховують за формулою:

$$m_{\text{ам.азот}}^{\text{вид}} = m_{\text{ам.азот}} \cdot E(15)$$

$$m_{\text{ам.азот}}^{\text{вид}} = 10,87 \cdot 0,96 = 10,44 \text{ кг/год}$$

Маса видалених органічних речовин становить:

$$m_{\text{орг.реч.}}^{\text{вид}} = m_{\text{орг.реч.}} \cdot E(16)$$

$$m_{\text{орг.реч.}}^{\text{вид}} = 37,14 \cdot 0,96 = 35,65$$

Масу завислих часток у воді після аеротенку, розраховують за наступною формулою:

$$m_{\text{завис.час}}^{\text{аерот.}} = m_{\text{AM}} + m_{\text{завис.час}}(17)$$

$$m_{\text{завис.час}}^{\text{аерот.}} = 280,656 + 18,57 = 299,22 \text{ кг/год}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.1.3.

№ статті	Прихід	кг/год	№ статті	Витрата	кг/год
1	Вода після первинного відстійника в т.ч.: завислі частки органічні речовини азот амонійний	187105,2 18,57 46,8 10,87	1	Вода після біохімічного очищення в т.ч.: завислі частки органічні речовини азот амонійний	280628,71 299,22 1,49 0,43
2	Зворотний активний мул в т.ч.: активний мул вода	93550,00 280,65 93269,35	2	Видалені речовини в т.ч.: органічні речовини азот амонійний	46,09 35,65 10,44
3	Приріст активного мулу	28,88			
	Усього	280684,08		Усього	280684,08

Таблиця 5.1.3. – Матеріальний баланс в аеротенку

Щоб з'ясувати чи задовольняє очищення в аеротенку вимогам ( $C_{\text{орг.реч.не}} > 15 \text{ г/м}^3$ ;  $C_{\text{азот ам.не}} > 2 \text{ г/м}^3$ ) розрахуємо концентрацію цих речовин у воді після біохімічного очищення. Концентрація органічних речовин в очищеній воді розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{орг.реч}} = \frac{m_{\text{орг.реч}}}{Q_{\text{СВ}}}(18)$$

$$C_{\text{орг.реч}} = \frac{1,49}{280,65} = 5,3 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація амонійного азоту така:

$$C_{\text{ам.азот}} = \frac{m_{\text{ам.азот}}}{Q_{\text{СВ}}}(19)$$

$$C_{\text{ам.азот}} = \frac{0,43}{280,65} = 1,53 \text{ мг/дм}^3$$

Відділення очищеної води від активного мулу відбувається у вторинному відстійнику. Ефективність відділення при цьому складає 70 % ( $E=70\%$ ), а вологість осаду 99,7 % ( $\varphi=99,7\%$ ).

Маса мулу та завислих часток, що осіли розраховують за такою формулою:

$$m_{\text{АМ}}^{\text{ос.}} = m_{\text{АМ+зав.реч}} \cdot E(20)$$

$$m_{\text{АМ}}^{\text{ос.}} = 299,22 \cdot 0,7 = 209,45 \text{ кг/год}$$

Тоді маса вологого осаду буде дорівнювати:

$$m_{\text{вол.осад}} = \frac{m_{\text{АМ}}^{\text{ос.}} \cdot 100\%}{100\% - \varphi}(21)$$

$$m_{\text{АМ}}^{\text{ос.}} = \frac{209,45 \cdot 100}{100 - 99,7} = 69818 \text{ кг/год}$$

Масу води, що виходить з вторинного відстійника розраховують за формулою:

$$m_{\text{оч.води}}^{\text{втор.відст}} = m_{\text{оч.води}}^{\text{аерот.}} - m - \text{вол. осад}(22)$$

$$m_{\text{оч.води}}^{\text{втор.відст}} = 280628,71 - 69818 = 210810,71 \text{ кг/год}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.1.4.

№ статті	Прихід	кг/год	№ статті	Витрата	кг/год
1	Вода після аеротенку	280628,71	1	Очищена вода в т.ч.:	210810,71
	в т.ч.:			дисперсні частки	89,77
	завислі частки	299,22		органічні речовини	1,49
	органічні речовини	1,49		азот амонійний	0,43
	азот амонійний	0,43	2	Вологий осад в т.ч.:	69818
				активний мул	209,45



1	Вода після вторинного відстійника в т.ч.: дисперсні частки органічні речовини азот амонійний	210810,71 89,77 1,49 0,43	1	Очищена вода в т.ч.: дисперсні частки органічні речовини азот амонійний залишковий хлор	210810,39 89,77 1,49 0,43 0,32
2	Розчин гіпохлориту натрія	63,2	2	Втрати хлору на окислення	0,32
	Усього	210873,91		Усього	210873,91

Таблиця 5.1.5. – Матеріальний баланс контактних резервуарів

## 5.2.Конструктивний розрахунок головного апарату

Для конструктивного розрахунку аеротенку приймаються наступні вихідні дані:  $L_{en}=250$  мг/дм<sup>3</sup>(БСК вихідної стічної води);  $L_{ex}=15$  мг/дм<sup>3</sup>(БСК очищеної води);  $q_w=4500$  м<sup>3</sup>/доб =187,5 м<sup>3</sup>/год.(витрата стічних вод);  $a_i=1,5$  г/дм<sup>3</sup>(доза активного мулу).

Апарат, для якого наведені розрахунки – аеротенк-витиснювач з регенератором. Розрахунок цього апарату виконується згідно з [9].

Визначимо ступінь рециркуляції активного мулу в аеротенку за формулою (27).

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} \quad (27)$$

де  $a_i$ — доза мулу в аеротенці, г/дм<sup>3</sup>;

$J_i$ — муловий індекс, см<sup>3</sup>/г, приймається  $J_i=100$  см<sup>3</sup>/г.

$$R_i = \frac{1,5}{\frac{1000}{100} - 1,5} = 0,18.$$

Величина БСК води, що надходить у початок аеротенка-витиснювача  $L_{mix}$  визначається за формулою (28) з врахуванням розбавлення циркуляційним мулом:



$$L_{\text{mix}} = \frac{L_{\text{en}} + L_{\text{ex}} \cdot R_i}{1 + R_i}, \quad (28)$$

$$L_{\text{mix}} = \frac{250 + 15 \cdot 0,18}{1 + 0,18} = 214 \text{ мг/дм}^3.$$

Час перебування стічних в аеротенку розраховують за формулою (29), в якому значення констант і коефіцієнтів знаходять за табл. 40 [9] (для міських стічних вод) і мають наступні значення:  $\rho_{\text{max}}=85$  мг/(год),  $K_1=33$  мг/дм<sup>3</sup>;  $K_0=0,626$  мг/дм<sup>3</sup>;  $\phi=0,07$  дм<sup>3</sup>/г;  $s=0,3$ . При  $L_{\text{ex}}=15$  мг/дм<sup>3</sup> коефіцієнт  $K_p=1,5$ . Концентрація кисню приймається рівною  $C_0=2$  мг/дм<sup>3</sup>.

$$t_{\text{atv}} = \frac{1 + \phi a_i}{\rho_{\text{max}} C_0 a_i (1 - s)} \left[ (C_0 + K_0) (L_{\text{mix}} - L_{\text{ex}}) + K_1 C_0 \ln \frac{L_{\text{en}}}{L_{\text{ex}}} \right] K_p, \quad (29)$$

$$t_{\text{atv}} = \frac{1 + 0,07 \cdot 1,5}{85 \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot (1 - 0,3)} \left[ (2 + 0,625) (214 - 15) + 33 \cdot 2 \cdot \ln \frac{250}{15} \right] \cdot 1,5 = 6,48 \text{ год.}$$

Доза мулу в регенераторі визначається залежністю:

$$a_r = \left[ \frac{1}{2R_i} + 1 \right] \cdot a_i \quad (30)$$

$$a_r = \left[ \frac{1}{2 \cdot 0,18} + 1 \right] \cdot 1,5 = 5,67 \text{ г/дм}^3.$$

Питома швидкість окислення визначається за формулою (31), де величини констант і коефіцієнтів приймаються такі ж, як і в формулі (29).

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{L_{\text{ex}} C_0}{L_{\text{ex}} C_0 + K_1 C_0 + K_0 L_{\text{ex}}} \cdot \frac{1}{1 + \phi a_i}, \quad (31)$$

$$\rho = 85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 5,67} = 17,3 \text{ мг БСК/(г} \cdot \text{год)}.$$

Тривалість окислення забруднень розраховують за формулою:

$$t_o = (L_{\text{en}} - L_{\text{вх}}) / R_i a_r (1 - s) \rho, \quad (32)$$

$$t_o = (250 - 15) / 0,18 \cdot 5,67 \cdot (1 - 0,3) \cdot 17,3 = 18,0 \text{ год.}$$

Тривалість регенерації мулу розраховують так:

					<i>ПЗ162 10</i>	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$t_r = t_o - t_{at}, (33)$$

$$t_r = 18,0 - 6,48 = 11,52 \text{ год.}$$

Тривалість перебування в системі аеротенк-регенератор розраховують наступним чином:

$$t = (1 + R_i) \cdot t_{at} + R_i \cdot t_r, (34)$$

$$t = (1 + 0,18) \cdot 6,48 + 0,18 \cdot 11,52 = 9,72 \text{ год.}$$

Об'єм аеротенку знаходять за такою формулою:

$$W_{at} = t_{at} \cdot (1 + R_i) \cdot q_w, (35)$$

$$W_{at} = 6,48 \cdot (1 + 0,18) \cdot 187,5 = 1433,7 \text{ м}^3.$$

А об'єм регенератору за формулою (36):

$$W_r = t_r \cdot R_i \cdot q_w, (36)$$

$$W_r = 11,52 \cdot 0,18 \cdot 208,3 = 388,8 \text{ м}^3.$$

Для уточнення мулового індексу визначаємо середню дозу мулу в системі аеротенк-регенератор за наступною формулою:

$$a_{mix} = [(1 + R_i) \cdot t_{at} \cdot a_i + R_i \cdot t_r \cdot a_r] / t, (37)$$

$$a_{mix} = [(1 + 0,18) \cdot 6,48 \cdot 1,5 + 0,18 \cdot 11,52 \cdot 5,67] / 9,72 = 2,39 \text{ г/дм}^3.$$

Визначимо також навантаження на мул:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_i \cdot (1 - s) \cdot t_{at}}, (38)$$

$$q_i = \frac{24 \cdot (250 - 15)}{2,49 \cdot (1 - 0,3) \cdot 9,72} = 347 \text{ мг БСК/г} \cdot \text{доб.}$$

За таблицею 41[9] при  $q_i = 347$  мг БСК/г доб,  $J_i = 75$  см<sup>3</sup>/г. Ця величина відрізняється від прийнятої раніше  $J_i = 100$  см<sup>3</sup>/г.

Уточнюємо ступінь рециркуляції з урахуванням  $J_i = 75$  см<sup>3</sup>/г по формулі (27):

					<i>ПЗ162 10</i>	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$R_i = \frac{1,5}{\frac{1000}{75} - 1,5} = 0,13.$$

Так як ця величина відрізняється від раніше розрахованої, то уточнюємо й інші величини за формулами (28)-(38).

Тоді  $L_{\text{mix}}$  дорівнює за формулою (28):

$$L_{\text{mix}} = \frac{250 + 15 \cdot 0,13}{1 + 0,13} = 223 \text{ мг/дм}^3.$$

Період перебування стічної води в аеротенку за формулою (29):

$$t_{\text{атв}} = \frac{1 + 0,07 \cdot 1,5}{85 \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot (1 - 0,3)} \left[ (2 + 0,625)(223 - 15) + 33 \cdot 2 \cdot \ln \frac{223}{15} \right] \cdot 1,5 = 6,72 \text{ год.}$$

Доза мулу в регенераторі за формулою (30):

$$a_r = \left[ \frac{1}{2 \cdot 0,13} + 1 \right] \cdot 1,5 = 7,27 \text{ г/дм}^3.$$

Питома швидкість окислення за формулою (31):

$$\rho = 85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 7,27} = 15,51 \text{ мг БСК/(г} \cdot \text{год)}.$$

Тривалість окислення забруднень (за формулою 32):

$$t_o = (250 - 15) / (0,13 \cdot 7,27 \cdot (1 - 0,3) \cdot 15,51) = 22,9 \text{ год.}$$

Тривалість регенерації мулу за формулою (33):

$$t_r = 22,9 - 6,72 = 16,18 \text{ год.}$$

Об'єм аеротенку за формулою (35):

$$W_{\text{ат}} = 6,72 \cdot (1 + 0,13) \cdot 187,5 = 1423,8 \text{ м}^3.$$

Об'єм регенератору за формулою (36):

$$W_r = 16,18 \cdot 0,13 \cdot 187,5 = 394,38 \text{ м}^3.$$

Середня доза мулу в системі аеротенк-регенератор за формулою (37):

$$a_{\text{mix}} = \left[ (1 + 0,13) \cdot 6,72 \cdot 1,5 + 0,13 \cdot 16,18 \cdot 7,67 \right] / 9,69 = 2,75 \text{ г/дм}^3.$$

Навантаження на мул за формулою (38):

					<i>ПЗ162 10</i>	<i>Лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

$$q_i = \frac{24 \cdot (250 - 15)}{2,75 \cdot (1 - 0,3) \cdot 9,69} = 302 \text{ мг БСК/г} \cdot \text{доб.}$$

Тепер можна розрахувати загальний об'єм аеротенку і регенератору за формулою:

$$W = W_{at} + W_r, (39)$$

$$W = 1423,8 + 394,38 = 1818,18 \text{ м}^3.$$

Таким чином, регенератор складає 22 % об'єму аеротенка в цілому. Цієї умови дотримуються в тому випадку, коли буде застосований 4-коридорний аеротенк, який дозволяє відвести один коридор під регенератор.

За таблицю 4.2 [5] підбираємо односекційний,  $n_{at}=1$ , 4-коридорний,  $m_{at}=4$ , аеротенк глибиною  $H_{atv}=3,2$  м, шириною коридору  $B_{atv}=4,5$  м. Довжина секції становить:

$$l_{atv} = W_{at} / (n_{at} \cdot H_{atv} \cdot B_{atv} \cdot m_{at}), (40)$$

$$l_{atv} = 1818,18 / (1 \cdot 3,2 \cdot 4,5 \cdot 4) = 31,57$$

Приймається типовий проект аеротенка 901-2-178 [5] з проектною довжиною секції  $l_{at}=42$  м, об'ємом однієї секції  $2070 \text{ м}^3$  ( $W_{at}=2070 \text{ м}^3$ ), що відповідає розрахунковим значенням, незначно їх перевищуючи.

Схема головного апарату в додатку А.

## 6. Контроль виробництва

Об'єкт контролю	Що визначають	Норми	Місце та засіб відбору проб	Періодичність контролю	Хто вико-нує аналіз	Стисла методика аналізу
1	2	3	4	5	6	7
Стічна вода після решіток	Температура	Не вище 40°C	Після решіток	Щоденно	Лабо-ранти хімічно-бактеріального аналізу	Вимірювання температури за допомогою термометру
	pH	6,5-9,0		-//-		Вимірювання водного показника



					споживання кисню (біхроматна окислю-ваність) [16]
	СПАР	20,0 мг/дм <sup>3</sup>		-//-	Визначення АПАР екстракційно-фото-метричним методом з метиленовим блакитним [16]
	Нафтопродукти	10,0 мг/дм <sup>3</sup>		-//-	Визначення нафто-продуктів хроматографічним методом [16]
	Колі-індекс	Не нормується		-//-	Вимірювання санітарно-мікробіологічних показників [16]

\* Такі ж самі показники визначають на всіх стадіях процесу

## Висновок

В даній роботі були розглянуті основні процеси та апарати для очистки стічних вод. Найефективнішим та більш доцільним для використання був обраний метод очистки вод в аеротенках.

Цей метод має свої недоліки:

1. Без електроенергії не може бути забезпечений достатній рівень очищення. Оскільки компресор не працюватиме, відбудеться загибель бактерій і активного мулу.

2. Складне обладнання, що використовується в роботі аеротенках, потребує постійного контролю.

До переваг використання аеротенків можна віднести такі моменти:

1. Спорудження забезпечує високий рівень очищення забрудненої рідини.

2. Таку конструкцію не потрібно утеплювати на зиму, оскільки при переробці органічних відходів виділяється велика кількість енергії, що дозволяє навіть взимку підтримувати потрібну температуру всередині конструкції.

3. Довгий термін експлуатації.

4. Повна автоматизація процесу.

Основною стадією було обрано біоочистку, а основним апаратом — аеротенк.

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

## Список використаної літератури

1. *Кравченко, В.С.* Водопостачання та каналізація: Підручник / В.С.Кравченко. – Київ: «Кондор», 2003. – 288 с.
2. *Яковлев, С.В.* Канализация: Учебник для вузов / С.В.Яковлев, Я.А.Карелин, А.И.Жуков, С.К.Колобанов. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
3. *Запольський, А.К.* Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / С.В.Яковлев, Я.А.Карелин, А.И.Жуков, С.К.Колобанов. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
4. *Воронов, Ю.В.* Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов / Ю.В.Воронов, С.В.Яковлев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
5. *Смірнова, Г.М.* Водовідведення і очищення стічних вод міста: Підручник / Г.М.Смірнова, С.М.Епоян, І.В.Корінько та ін. – Харків: Каравела, 2003. – 144 с.
6. *Евстегнеева, А.С.* Современный подход к очистке хозяйственно-бытовых сточных вод / А.С.Евстегнеева // Водочистка. – 2010. – Вып.11. – С.64-66.
7. *Николаев, А.Н.* Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод: технология и обслуживание / А.Н.Николаев // Вода и экология. – 2011. – Вып.12. – С.74-76.
8. *Большаков, Н.Ю.* Внедрение технологи нитриденитрификации / Н.Ю.Большаков // Водочистка. – 2012. – Вып.12. – С.70-72.
9. *Ногих, В.Р.* Биореактор в очистке сточных вод / В.Р.Ногих // Экология производства. – 2013. – Вып.3. – С.52-55
10. *Гудков, А.Г.* Механическая очистка сточных вод: Учебное пособие / А.Г.Гудков. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – 152 с.
11. *Гудков, А.Г.* Биологическая очистка городских сточных вод: Учебное пособие / А.Г.Гудков. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
12. *Жмур, Н.С.* Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками/Н.С.Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17



13.Смірнова, Г.М.Водовідведення і очищення стічних вод міста: Підручник / Г.М.Смірнова, С.М.Епоян, І.В.Корінько та ін. – Харків: Каравела, 2003. – 144 с.

14.Унифицированные методы исследования качества вод. Методы химического анализа вод. – Совецание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. – М., 1987. – 1245 с.

					ПЗ162 10	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17