

## НОВЕ КОНСТРУКЦІЙНЕ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТІВ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

І. В. Клименко, А. В. Іванченко, М. Д. Волошин

Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Дніпродзержинськ

e-mail: [iren.klimenko@yandex.ru](mailto:iren.klimenko@yandex.ru)

*Зазначено актуальність проблеми модернізації діючих міських очисних споруд у зв'язку із скороченням об'ємів стічних вод, які скидаються населенням України. Показано, що біологічний метод очищення є основним для більшості очисних споруд. Метою даної роботи є удосконалення існуючих апаратів біологічного очищення міських стічних вод задля їх обробки при скороченні об'ємів стоків, що подаються населенням. Проаналізовано класичну схему біологічного очищення стічних вод, згідно якої час перебування стоків в первинному та вторинному відстійниках перевищує проектне значення більш як у 3 рази, а в аеротенках - у 2,7. Розроблено та наведено нову конструкцію комбінованого аеротенка-відстійника, особливістю якого є компактність та можливість застосування для невеликих об'ємів стоків. Запропоновано удосконалену технологію біологічного очищення стічних вод із використанням аеротенка-відстійника, яку рекомендовано застосовувати на більшості міських очисних споруд України*

*Ключові слова: стічні води, біологічне очищення, активний мул, аеротенк-відстійник.*

### Вступ

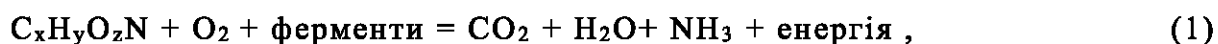
В останні роки спостерігається тенденція скорочення об'ємів стічних вод, які потрапляють на міські очисні споруди в містах України, та підвищення вмісту в цих стоках азоту та фосфору. Ця тенденція обумовлена тим, що населення міст впроваджує у власних оселях лічильники питної води, які дозволяють скоротити її витрати при одночасному підвищенні споживання миючих засобів [1]. Це призводить до того, що фактична кількість стічних вод, яка подається на очистку, більш як в чотири рази менша за проектну потужність діючих очисних споруд.

Ця проблема гостро стосується очисних споруд м. Дніпродзержинська, зокрема, лівого берегу, проектна потужність яких на разі складає 40 тис. м<sup>3</sup>/добу, а фактична лише 8 тис. м<sup>3</sup>/добу, крім того вихідні стоки містять у своєму складі азот і фосфор у підвищених концентраціях.

### Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Метод біологічного очищення є найбільш універсальним і широко застосовується при обробці стоків, що містять органічні домішки різного походження. Він є основним для більшості очисних споруд України та світу, адже не потребує дорогих рідкісних реагентів, і не призводить до підвищення солевмісту стоків, а об'єм осаду при цьому майже не збільшується [2-3]. Такий метод очистки за оцінкою вітчизняних та зарубіжних спеціалістів є найбільш ефективним, екологічним і економічним [4].

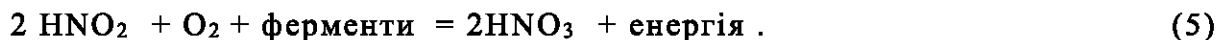
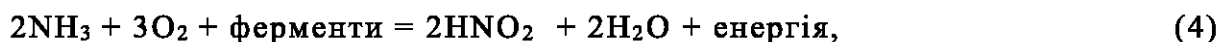
У процесі біологічної очистки стічних вод бактерії активного мулу використовують органічні речовини для отримання енергії (енергетичний обмін) і для синтезу бактеріальної маси власних клітин (конструктивний обмін). Якщо позначити суму органічних забруднень стічних вод через  $C_xH_yO_zN$ , то процес очистки води від цих речовин можна виразити наступними реакціями [5]:



Якщо органічні речовини стічних вод уже використані, і відчувається їх нестача, починається самоокислення кліткової речовини активного мулу:



До цього моменту створюються сприятливі умови для розвитку автотрофних нітрифікуючих бактерій, які окислюють амонійний азот:



Міські очисні споруди, в яких біологічне очищення стічних вод здійснюється за традиційною схемою «аеротенк-вторинний відстійник», що має місце на переважній більшості очисних споруд України, мають ряд недоліків. Найбільш суттєвою проблемою таких споруд є те, що вони не забезпечують доведення якості очищених стічних вод, які скидаються у поверхневі водойми України, за вмістом азоту і фосфору.

Головною причиною виникнення такої проблеми є використання застарілих технологій та апаратів в системах очистки, які при цьому мають низьку енергоефективність.

Виходячи з цього, перед науковцями постає завдання розробки компактних апаратів біологічного очищення, які були б енергоощадними та не займали великих земельних ділянок.

### **Мета і задачі роботи**

Метою роботи є удосконалення існуючих апаратів біологічного очищення міських стічних вод задля їх застосування при скороченні об'ємів стоків, які поступають від населення. Реалізація поставленої мети передбачає вирішення наступних задач: проаналізувати існуючу технологічну схему біологічної очистки міських стічних вод; розрахувати час перебування стічної води в основних апаратах; розробити нові конструкції апаратів біологічної очистки.

### **Результати досліджень та обговорення**

Для вирішення проблеми зменшення витрати енергетичних та матеріальних ресурсів, а також досягнення глибокого ступеня очищення стічних вод від біогенних елементів нами розроблено та досліджено конструкції нових апаратів в технології біологічного очищення стічних вод.

Проектна технологічна схема біологічної очистки стічних вод лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська наведена на рис. 1.

Згідно цієї схеми стічна вода з пісколовок самопливом потрапляє в первинні відстійники радіального типу 1 діаметром 30 м. З них сирий осад подається на мулові карти, а стічна вода потрапляє в аеротенки горизонтального типу, які складаються з двох коридорів шириною 9 м і довжиною 84 м кожний. Висота водного шару в аеротенках складає 4,5 м. З аеротенків суміш стічних вод з активним мулом відводиться у вторинні відстійники 4 для відділення очищеної води від активного мулу. Активний мул, що осідає на дно відстійників 4, видаляється самопливом під гідравлічним тиском за допомогою насоса 5 в мулову камеру 6, звідти частина активного мулу направляється в першу секцію аеротенка на регенерацію. На схемі показано один первинний і один вторинний відстійники, хоча за проектом їх два.

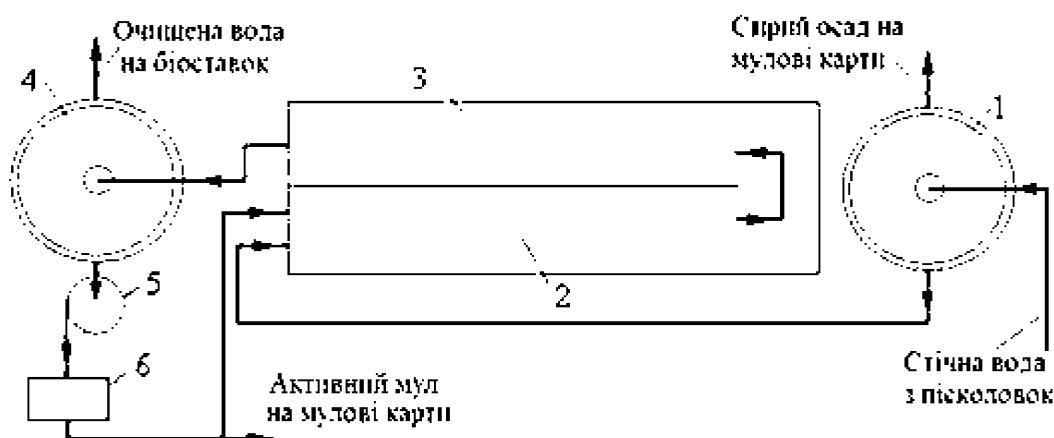


Рис. 1. Принципова проектна схема біологічної очистки стічних вод (на прикладі лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська): 1 - первинний радіальний відстійник; 2,3 - зони аеробної очистки стоків активним мулом; 4 - вторинний радіальний відстійник; 5 - циркуляційний насос; 6 - мулова камера.

Для наближення часу перебування стоків у відстійниках і аеротенках до нормативних вимог, які були закладені в типовому проекті, на очисних спорудах спочатку було виключено з експлуатації один первинний і один вторинний відстійники. Потім було виведено з роботи один двокоридорний аеротенк. Однак такі рішення не призвели до суттєвого покращення ступеню очистки стічних вод від фосфатів і азоту. При підрахунку часу перебування стічних вод в аеротенках та відстійниках отримано такі результати (табл. 1):

Таблиця 1 - Час перебування стічної води в основних апаратах лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська

Апарати вузла біологічної очистки	Час перебування, год.	
	Фактично	За проектом
Первинний відстійник	7	2
Аеротенк	16	6
Вторинний відстійник	6,2	2

З таблиці 1 видно, що час перебування стічних вод в первинному та вторинному відстійниках перевищує проектне значення більш як у 3 рази, а в аеротенках - у 2,7. На основі лабораторних досліджень встановлено, що при часі аеробного окиснення стічних вод більш як 6-8 годин вміст фосфатів в них починає зростати і за 24 години подвоюється [6]. Зайвий час перебування стоків у відстійниках також негативно впливає на біологічний процес.

Виходячи із результатів серії експериментальних досліджень, нами розроблено і пропонується до впровадження варіант реконструкції міських очисних споруд, що полягає у переобладнанні вторинних відстійників на аеротенки-відстійники з виключенням із роботи аеротенків класичного типу.

Аеротенк-відстійник являє собою комбіновану споруду, що включає у себе зону аерації і відстоювання, в останній відбувається розділення водомулової суміші. Обидві зони зв'язані між собою вікнами, які забезпечують надходження мулової суміші із зони аерації у відстійну і повернення активного мулу у аеробний процес без застосування примусової циркуляції.

В цьому апараті пропонується демонтувати скребковий механізм, встановити фільтросні пристрої для зрошення зони аеробного процесу загальною площею 27 м<sup>2</sup>. При цьому час перебування стічної води в зоні аерації становитиме 6-8 год, а в зоні відстоювання - 1-2 год.

Принципову схему біологічного очищення стічних вод у комбінованому аеротенку-відстійнику радіального типу представлено на рис. 2. Особливістю споруди є компактність та можливість застосування для невеликих об'ємів стоків. Крім того, в даному апараті процес біологічної очистки можна вести при підвищеній дозі активного мулу в порівнянні з існуючими спорудами.

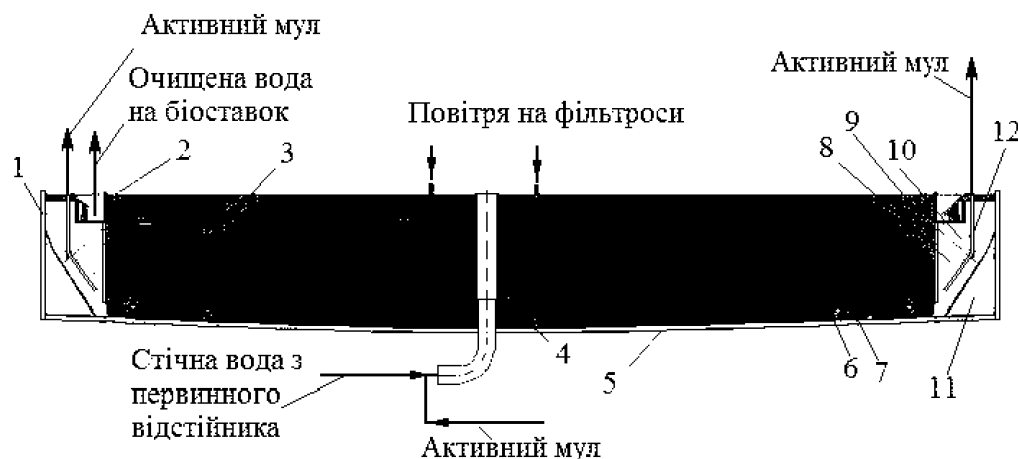


Рис. 2. Схема біологічного очищення стічних вод у комбінованому аеротенку-відстійнику радіального типу: 1 - корпус існуючого відстійника; 2 - існуючий випускний лоток; 3 - зона аерації; 4 - розподільний пристрій; 5 - днище; 6, 7 - фільтросні труби; 8 - зона відстоювання; 9 - вікна переливу водомулової суміші з зони аерації в зону відстоювання; 10 - зона освітленої води; 11 - піщано-гравійна засипка; 12 - сифонний пристрій.

Схема працює наступним чином. Вхідні стічні води направляють в зону аерації 3. Подача повітря в аеробну зону 3 здійснюється через пористі фільтросні труби 6-7, покладені на дно аеротенка-відстійника, завдяки чому відбувається процес біологічного окиснення домішок стічної води. Рівномірність розміщення системи аерації по довжині аеробної зони дозволяє поліпшити в ній кисневий режим і зберегти постійне навантаження на активний мул, а також виключає можливість появи застійних зон. За допомогою потоку повітря, яке надходить з фільтросних труб 6-7, водомулова суміш через переливні вікна 9 потрапляє у зону відстоювання 8, де відбувається її розділення: активний мул осідає і за допомогою фільтросних труб 6-7 повертається до зони аерації. Дно зони відстоювання має скошені краї, що унеможливує утворення застійних зон активного мулу.

Запропонована технологічна схема біологічного очищення стічних вод із застосуванням комбінованого аеротенка-відстійника в умовах міських очисних споруд представлена на рис. 3.

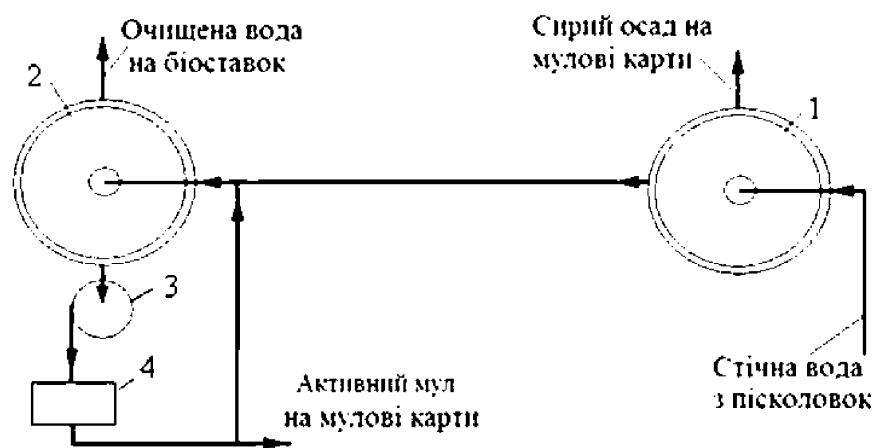


Рис. 3. Принципова схема біологічного очищення стічних вод (на прикладі лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська): 1 - первинний відстійник; 2 - аеротенк-відстійник; 3 - насос; 4 - мулова камера.

Функціонування технологічної схеми наступне. Механічно очищена стічна вода з пісколовок самопливом потрапляє в первинний відстійник 1, де відбувається первинне відстоювання завислих речовин та жировмісних сполук з утворенням сирого осаду. Звідти сирий осад подається на мулові карти, а стічна вода надходить в аеротенк-відстійник радіального типу 2. В комбінованому апараті відбувається аеробне окислення забруднюючих речовин мікроорганізмами активного мулу протягом 6-8 год. Відстоювання водомулової суміші в анаеробній зоні здійснюють протягом 1-2 год. З аеротенка-відстійника 2 очищена стічна вода виводиться до біоставка на доочищення (на схемі не показано). Активний мул, що осідає на дно відстійної зони, відкачують за допомогою насоса 3 в мулову камеру 4. Звідти частину мулу направляють в зону аерації аеротенка-відстійника 2, а решту скидають на мулові карти. Характерною особливістю є те що, об'єм рециркулюючого активного мулу значно зменшується за рахунок його внутрішньої циркуляції, що дає змогу застосовувати насос меншої потужності і економити енергію на 30-40 %.

Надлишковий активний мул рекомендуються переробляти на два цінні компоненти: комплексні добрива та біогаз [7].

### Висновки

На основі експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків можна зробити наступні висновки.

1. Проаналізовано технологію біологічної очистки стічних вод в сучасних умовах та показано, що очисні споруди потребують модернізації та удосконалення.

2. Запропоновано та теоретично обґрунтовано проведення біологічного процесу очистки міських стічних вод з аеротенків у вторинні відстійники радіального типу, які рекомендуються реконструювати у комбіновані аеротенки-відстійники.

3. Застосування представленої технології із використанням комбінованого апарата має ряд переваг:

- створюються умови для суттєвого скорочення витрат повітря на аерацію водомулової суміші в зоні аеробного процесу в 4 рази, що призведе до значної економії енергії на процес очистки;

- підвищиться якість очищеної води за вмістом фосфатів і азоту, а також інших показників за рахунок проведення біологічного процесу при підвищеній концентрації активного мулу.

- звільняться значні земельні площі, на яких розташовані аеротенки.

4. Комбінований аеротенк-відстійник рекомендовано до впровадження на очисних спорудах м. Дніпродзержинська та України в цілому.

## **НОВОЕ КОНСТРУКЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АППАРАТОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**І. В. Клименко, А. В. Іванченко, М. Д. Волошин**

Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск

e-mail: [iren.klimencko@yandex.ru](mailto:iren.klimencko@yandex.ru)

*Обозначена актуальность проблемы модернизации действующих городских очистных сооружений в связи с сокращением объемов сточных вод, которые сбрасываются населением Украины. Показано, что биологический метод очистки является основным для большинства очистных сооружений. Целью данной работы является совершенствование существующих аппаратов биологической очистки городских сточных вод для их обработки при сокращении объемов стоков, которые поступают от населения. Проанализирована классическая схема биологической очистки сточных вод, согласно которой время пребывания стоков в первичном и вторичном отстойниках превышает проектное значение более чем в 3 раза, а в аэротенках – в 2,7. Разработана и приведена новая конструкция комбинированного аэротенка-отстойника, особенностью которого является компактность и возможность применения для небольших объемов стоков. Предложена усовершенствованная технология биологической очистки сточных вод с использованием аэротенка-отстойника, которую рекомендуется применять на большинстве городских очистных сооружений Украины.*

*Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, активный ил, аэротенк-отстойник.*

## **NEW CONSTRUCTIONAL SOLUTION FOR IMPROVEMENT OF BIOLOGICAL SEWAGE TREATMENT UNITS**

**I. V. Klimenko, A. V. Ivanchenko, M. D. Voloshin**

Dniprodzerzhynsk State Technical University, Dniprodzerzhynsk

e-mail: [iren.klimencko@yandex.ru](mailto:iren.klimencko@yandex.ru)

*Relevance of modernization of existing municipal wastewater treatment plants in connection with reduction of volumes wastewater discharged by the population of Ukraine is indicated. It is shown that the biological method is preferred for most treatment plants. The aim of this work was to improve the existing units for biological treatment of municipal wastewater for providing the population. The classical scheme of biological wastewater treatment according to which the residence time of wastewater in the primary and secondary sedimentation tanks exceeds the design value by more than 3 times, and in aeration tanks in 2,7 was analyzed. New design of the combined aerotank-settler (compact and possible for use for small volumes of wastewater) were developed and presented. An offered technology for biological wastewater treatment using aerotank-settler can be recommended for most municipal treatment plants of Ukraine.*

*Keywords: wastewater, biological treatment, activated sludge, aerotank-settler.*

### **Список літератури:**

1. Волошин М.Д. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод: монографія / М.Д. Волошин, О.Л. Щербак, Ю.М. Черненко, І.М. Корнієнко. - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. – 230 с.