

ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 648.543

КОМПАКТНІ СПОРУДИ ГЛИБОКОЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

THE COMPACT FACILITIES FOR FOOD INDUSTRY SMALL ENTERPRISES DEEP WASTEWATER TREATMENT

Ковальчук В.А., д.т.н., проф. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Kovalchuk V.A., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

У статті наведено опис компактних споруд глибокої очистки стічних вод підприємств харчової промисловості. Для очистки стічних вод запропоновано застосовувати виготовлені з металу відстійники-флотатори, комбіновані з аеротенками-відстійниками першого ступеню, а також аеротенки-відстійники другого ступеню, комбіновані з фільтрами з плаваючим завантаженням, що монтуються безпосередньо на майданчику очисних споруд.

The article presents the compact facilities for food industry small enterprises deep wastewater treatment, what were designed in the sectoral wastewater treatment plant laboratory at the food industry enterprises. For a preliminary removal from wastewater suspended solids and fats proposed a new combined structure - settler-flotator. Settler-flotator is a vertical type flotation cell in which wastewater is first exposed to short-term sedimentation then pressure flotation with recirculation. This allows: - increase the overall efficiency of suspension removal from wastewater by the preliminary sedimentation the largest poorly flotating particles; - provide the most effective contact solids and air bubbles during their joint vertical movement; - to simplify the process of removing sludge and sediment. For biological wastewater treatment of food industry proposed to use aeration tanks of large hydraulic height (8-10 m) with the surface jet aeration, combined with peripheral secondary settling tanks. Their application provides the following advantages:

1) in one construction will be biological wastewater treatment at high doses of activated sludge and its effective separation from treated wastewater; 2) the use of jet aeration system provide high oxidizing ability and efficiency of aeration; 3) due to the continuous sampling a sludge mixture from the bottom and feed on the surface jet aerators, sludge recirculation will be provided and downward movement sludge mixture in the aeration zone; 4) in the bottom of the aeration zone due to the gradual reduction of dissolved oxygen in biological processes formed anoxic zone, which provides the ability to simultaneous nitrification-denitrification. Final stage of wastewater treatment is held in filters with floating filling of expanded polystyrene. Metal wastewater treatment edifices supposed to be mounted above ground level.

Ключові слова: харчова промисловість, стічні води, очисні споруди, відстійник-флотатор, аеротенк-відстійник.
food industry, wastewater, treatment plant, settling-flotation tank, aerotank-settler.

Вступ. У більшості випадків, стічні води харчової промисловості – це висококонцентровані стічні води із високим вмістом завислих речовин, часто і жирів, а також біогенних елементів. Іноді значення рН стічних вод значно змінюються протягом робочого циклу виробництва, особливо під час миття обладнання лужними реагентами наприкінці робочих змін. Часто вони виходять за межі рекомендованого діапазону 6,5-8,5. Деякі харчові підприємства переходять з одного виду сировини на інший протягом року, або взагалі мають сезонний характер виробництва, що зумовлює суттєву зміну концентрацій забруднень стічних вод. В результаті застосування нових технологій і обладнання за останні роки значно зменшилася питома кількість води, яка використовується на харчових підприємствах, що зумовлює власне зростання концентрацій забруднень стічних вод. Нині загальна витрата стічних вод, які утворюються на підприємствах харчової промисловості, зазвичай знаходиться в межах 50-300 м³/добу. Найчастіше очищені стічні води харчової промисловості скидаються у відкриті водойми. Харчова промисловість України розвивається швидкими темпами, збільшується кількість населення зайнятого на підприємствах галузі, зростає частка створюваної на них продукції. Однак виробництво продукції на харчових підприємствах супроводжується утворенням великої кількості стічних вод, які негативно впливають на навколишнє середовище.

У 1981 р. при НУВГП була створена Галузева науково-дослідна лабораторія очистки стічних вод підприємств агропромислового комплексу (ГНДЛ ОСВ). Одним із напрямків діяльності лабораторії була розробка компактних споруд глибокої очистки підприємств харчової промисловості. Результати цієї розробки наведені у представленій статті.

Технологія очистки стічних вод харчової промисловості. Виходячи з узагальненого складу стічних вод харчової промисловості компактні споруди глибокої очистки повинні включати:

- решітки, сита або інші пристрої для вилучення із стічних вод крупних відходів;
- піскоуловлювачі для затримання піску;
- обладнання для вимірювання і регулювання рН шляхом дозування лужних або кислих реагентів, додавання (при необхідності) біогенних елементів;
- флотатори для видалення із стічних вод завислих речовин і жирів;
- двоступінчасті аеротенки із вторинними відстійниками для біологічної очистки висококонцентрованих стічних вод;
- фільтри для доочистки стічних вод;
- пристрої для зневоднення утворюваних осадів стічних вод.

Усереднення дозволяє зменшити годинну витрату очищуваних стічних вод і вирівняти їх концентрації, що безумовно позитивно впливатиме на роботу споруд флотаційної і біологічної очистки. Однак, розрахунковий об'єм усереднювачів становить приблизно 30-50% від об'єму аеротенків без будь-якого зменшення БПК стічних вод. При концентрації завислих речовин більше 500 мг/дм³, що характерно для стічних вод харчової промисловості, досить складною має бути і механічна система перемішування вмісту усереднювача. Виходячи з цих обставин, доцільним уявляється відмова від спеціальних усереднювачів з подаванням стічних вод безпосередньо в аеротенк першого ступеня.

Для видалення із стічних вод завислих речовин (за наявності і жирів) передбачається застосування відстійників-флотаторів, що працюють за схемою з рециркуляцією робочої рідини, короткотривалим відстоюванням стічних вод і сумісним висхідним рухом бульбашок повітря та частинок забруднень у зоні флотації [1]. Це дає змогу: - збільшити загальну ефективність вилучення зависі за рахунок попереднього осадження більших частинок, які погано флотуються; - забезпечити максимально ефективний контакт зависі із бульбашками повітря при флотації; - спростити процес видалення шламу і осаду за рахунок влаштування конічного дна і відносно малої площі круглих у плані відстійників-флотаторів.

Для двоступінчастої біологічної очистки доцільно використовувати комбіновані аеротенки-відстійники підвищеної гідравлічної висоти (6-10 м) із поверхневою струминною аерацією похиленими струминами [2, 3]. Це дозволяє збільшити у них дозу мулу і підвищити їх окислювальну потужність, а також забезпечити ефективне видалення амонійного азоту шляхом симультанної нітрифікації-денітрифікації за рахунок створення аеробних умов у верхній і аноксидних умов – у нижній частині зони аерації.

Для доочистки стічних вод передбачається застосування фільтрів із плаваючим завантаженням типу ФПЗ-4 із низхідним напрямком фільтрування.

Розрахунки окремих споруд продуктивністю до 300 м³/добу показують, що вони мають невеликий гідравлічний об'єм, потребують влаштування значної кількості технологічних трубопроводів невеликого діаметру, що вимагає застосування спеціальної теплової ізоляції для запобігання охолодженню і навіть замерзанню у зимовий період. Виходячи із цих обставин, запропоновано здійснити просторово-функціональне комбінування споруд, у відповідності до якого в одній споруді влаштовується відстійник-флотатор і аеротенк-відстійник першого ступеню, а в іншій – аеротенк-відстійник другого ступеню і фільтр із плаваючим завантаженням. Це, на наш погляд, має наступні переваги бо дозволяє: 1) у одній споруді здійснити одразу декілька технологічних процесів очистки стічних вод; 2) зменшити довжину, або взагалі відмовитись від влаштування комунікацій між окремими спорудами; 3) максимально використати тепло стічних вод для підтримання необхідного температурного режиму в спорудах у зимовий період; 4) забезпечити компактність очисних споруд.

Компактні споруди глибокої очистки стічних вод малих підприємств харчової промисловості. На основі розробленої технології були запропоновані компактні очисні споруди глибокої очистки стічних вод малих підприємств харчової промисловості (рис. 1).

Стічні води, які відводяться від цехів і виробництв підприємства харчової промисловості, спочатку проходять решітки, піскоуловлювачі і при необхідності – жируловлювачі, після чого надходять у насосну станцію, яка зазвичай розміщується на території підприємства. У випадку, коли господарсько-побутові стічні вод на підприємстві не змішуються з виробничими, компактні споруди глибокої очистки можуть розміщуватися безпосередньо на території промислового підприємства.

Далі стічні води перекачуються у приймальну камеру очисних споруд 2. Споруди будуються у вигляді двох круглих у плані металевих ємностей, розміщених вище рівня землі. У центрі першої ємності розміщується відстійник-флотатор 5, а на периферії - зона аерації і вторинний відстійник 6. Далі після неповної біологічної очистки стічні води надходять в аеротенк-відстійник другого ступеня 9 в середині якого розміщений аерований фільтр з плаваючим пінополістирольним завантаженням 10. Робоча рідина відстійника-флотатора самопливом надходить на флотаційний насос 18 після чого через напірний бак з редукційним клапаном 7 надходить у зону флотації. Насичення робочої рідини повітрям здійснюється за допомогою водоструминного ежектора 19, який встановлений на перемичці між напірним і всмоктувальним патрубками флотаційного насосу.

Аерація мулової суміші в аеротенках обох ступенів здійснюється за допомогою поверхневих струминних аераторів, направлених під кутом 60° до горизонту, що гарантує розкручування мулової суміші в плані зон аерації для запобігання осадженню активного мулу. Подача мулової суміші з дна зони аерації на струминні аератори здійснюється за допомогою занурених насосів

16 або за допомогою відцентрових насосів, розміщених зовні біля ємностей очисних споруд.

Надлишковий активний мул з аеротенків обох ступенів подається у приймальну камеру очисних споруд 2, флотується у відстійнику-флотаторі і далі утилізується разом із флотошламом 26. Періодичне промивання фільтра доочистки 10 здійснюється біологічно очищеною стічною водою, яка до початку промивки накопичується у надфільтровому просторі. Промивна вода скидається в насосну станцію 21 звідки подається у приймальну камеру 2.

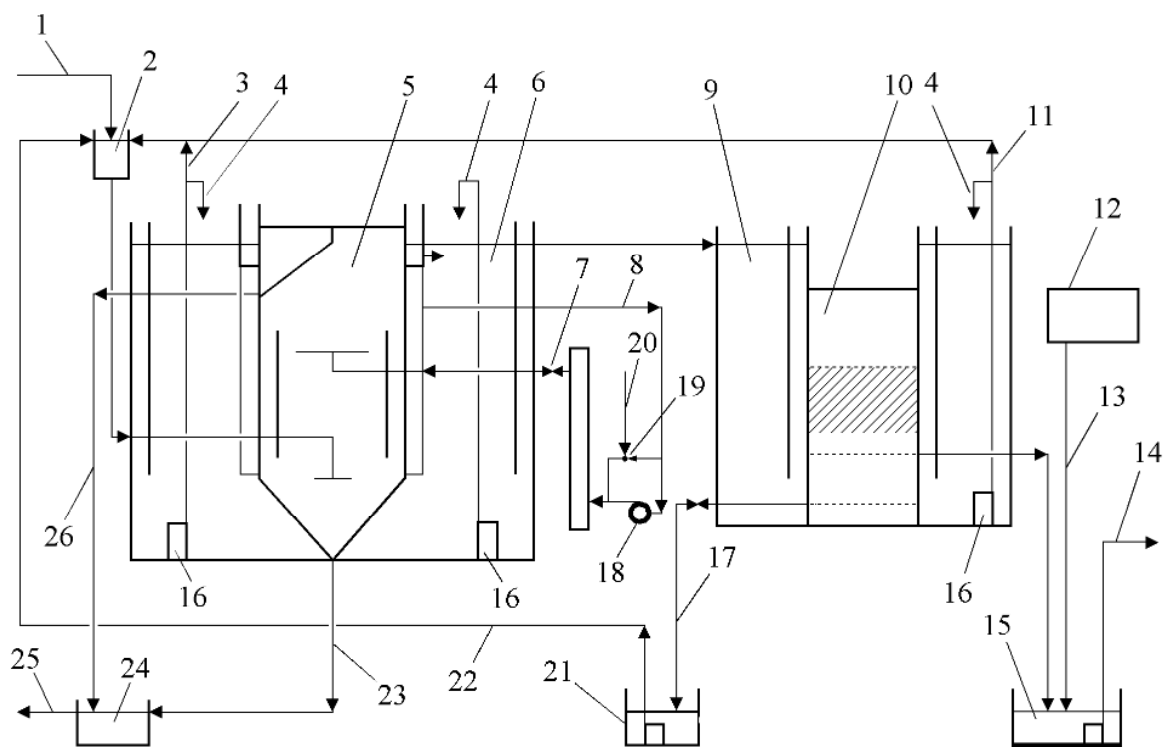


Рис. 1. Технологічна схема компактних споруд глибокої очистки стічних вод малих підприємств харчової промисловості

1-подача неочищених стічних вод; 2-приймальна камера; 3,11-надлишковий активний мул; 4-струминні аератори; 5-відстійник-флотатор; 6-аеротенк-відстійник першого ступеня; 7-редукційний клапан; 8-робоча рідина; 9-аеротенк-відстійник другого ступеня; 10-фільтр з плаваючим завантаженням; 12-хлораторна; 13-хлорна вода; 14-доочищені стічні води; 15-контактний резервуар; 16-насоси струминної аерації; 17-промивна вода; 18-флотаційний насос; 19-водоструминний ежектор; 20-повітря; 21-насосна станція промивної води; 22-подача промивної води в голову очисних споруд; 23-осад; 24-збірний резервуар осаду; 25-осад та флотошлам на мулові майданчики; 26-флотошлам

Доочищені стічні води надходять в контактний резервуар 15 де знезаражуються розчином гіпохлориту натрію, а далі перекачуються у водойму.

Компактні очисні споруди виготовляються на металообробних підприємствах у вигляді рулонів і монтуються безпосередньо на майданчику очисних споруд. Це дозволяє значно скоротити терміни будівництва у порівнянні з варіантом зведення очисних споруд із залізобетону, підвищити

якість металокопструкцій, оскільки зварювання металевих аркушів у рулони здійснюється на заводах в автоматичному чи напівавтоматичному режимах із застосуванням сучасних методів контролю якості зварних швів. Сучасні полімерні покриття дозволяють запобігти корозії металу. Будівництво ємностей вище рівня землі дозволяє скоротити до мінімуму об'єми земляних робіт, площі котлованів, оскільки їх основою є піщана подушка. У сейсмічних районах і при просідаючих ґрунтах влаштовуються кільцеві або фундаменти з паль.

Прикладом компактних споруд для глибокої очистки стічних вод є, зокрема, очисні споруди м'ясопереробного комплексу «Росана», який розміщується в Івано-Франківській області і здійснює забій та переробку свиней власного свинарського комплексу. Очисні споруди являють собою два металеві резервуари діаметром по 5,5 м кожен (рис. 2). У виробничо-допоміжній будівлі (рис. 3) розміщені флотаційний насос, насоси струминної аерації, водоповітряний ежектор, напірний бак, електролізна установка «ПЛАМЯ-2» для отримання розчину гіпохлориту натрію, а також електричний щит управління електрообладнанням.

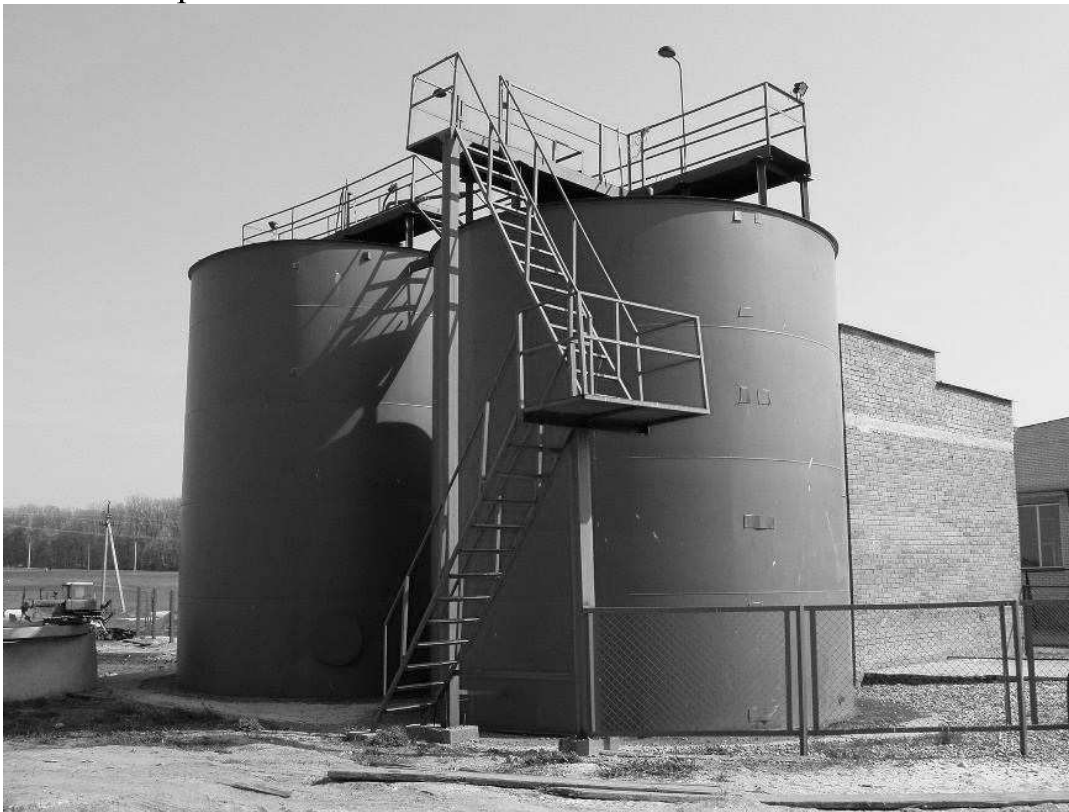


Рис. 2. Компактні споруди глибокої очистки стічних вод
ДП «М'ясопереробний комплекс «Росана»»

За запропонованою технологією були розроблені, запроектовані, побудовані і введені в експлуатацію компактні очисні споруди Новгород-Сіверського м'ясокомбінату, м'ясопереробного підприємства в с. Мархалівка Київської області, м'ясопереробного заводу «Колос» Чернівецької області, м'ясопереробного комплексу ТОВ «Антонівський м'ясокомбінат» Київської

області, м'ясопереробного цеху у с. Велика Димерка Київської області, «Тарасовецької птахофабрики» Чернівецької області, ДП «Ружин-молоко» та деяких інших.



Рис. 3. Розміщення обладнання у виробничо-допоміжній будівлі очисних споруд ДП «М'ясопереробний комплекс «Росана»»

Ефективність очистки стічних вод на малогабаритних очисних спорудах. Результати очистки стічних вод на збудованих малогабаритних очисних спорудах харчової промисловості наведені в таблиці.

Таблиця

Показники якості очищених стічних вод харчової промисловості

Показники забруднень очищених стічних вод, мг/дм ³	Назва підприємства			
	М'ясопереробний комплекс «Росана»	Підсобне господарство в с. Мархалівка	Новгород-Сіверський м'ясокомбінат	М'ясопереробний завод «Колос»
Завислі речовини	0,4-4	0,1-3,2	10,5	3,7
ХПК	38,8-84,0	13-26	33	22,2
БПК ₅	1,3-3,6	1,6-3,8	8,9	-
БПК _{повн}	2,2-8,5	3,8-5,8	-	-
Азот амонійний	0,3-1,2	0-2,1	0,98	0,1
Нітрити (N)	0,03-0,1	0-1,88	0,78	0,45
Нітрати (N)	11,2-25	0-28,8	4,94	7,0
Фосфати (PO ₄ ³⁻)	-	0-3,1	2,3	3,5
Жири	відс.	відс.	відс.	відс.

Тривала експлуатація компактних споруд глибокої очистки стічних вод малих підприємств харчової промисловості показала їх високу ефективність і надійність в роботі, простоту в експлуатації. Вони займають невелику площу і характеризуються невеликою витратою електроенергії. Подача стічних вод безпосередньо в зону аерації забезпечує їх ефективне усереднення. За рахунок підвищеної гідравлічної висоти проточної частини вторинних відстійників аеротенки працюють з підвищеними дозами активного мулу (5-7 г/дм³). Формування аеробної і аноксидної зон забезпечує окислювальну потужність за амонійним азотом до 100 г/(м³.добу). Застосування струминної аерації дозволяє збільшити окислювальну потужність до 6,8 кг БПК_{повн}/(м³.добу). При цьому придонна швидкість руху мулової суміші не є меншою від 0,3 м/с, що забезпечує підтримання активного мулу у зваженому стані. За рахунок комбінування споруд між собою не спостерігається охолодження металевих ємностей у зимовий час.

Висновки. Розроблені компактні очисні споруди, які можуть застосовуватися для очистки стічних вод більшості харчових підприємств. Такі очисні споруди були впроваджені на більш ніж тридцяти підприємствах харчової промисловості де підтвердили високу ефективність і економічність. Вони виготовляються із металу в заводських умовах і потім лише монтуються на місці встановлення, забезпечують необхідний ступінь очистки стічних вод, скорочення термінів проектування, зменшення вартості і тривалості будівництва.

1. Kovalchuk V.A. Wastewater treatment by flotation. Water Supply and Wastewater Removal. Monografie. Politechnika Lubelska. Lublin University of Technology. Lublin, 2020. P. 135-162.

2. Ковальчук В.А. Високопродуктивні біоокислювачі в системах очистки стічних вод підприємств м'ясної та молочної промисловості. *Науковий вісник будівництва*. Вип. 60. Харків, 2010. С. 247-251.

Kovalchuk V.A. Vysokoproduktyvni biookysliuvachi v systemakh ochystky stichnykh vod pidpriemstv miasnoi ta molochnoi promyslovosti. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. Vyp. 60. Kharkiv, 2010. S. 247-251.

3. Kovalchuk V.A. Food processing wastewater biological treatment. Water Supply and Wastewater Removal. Monografie. Politechnika Lubelska. Lublin University of Technology. Lublin, 2022. - p. 123-134.