

УДК 628.3

**О. С. Ковров<sup>1</sup>**  
**Д. В. Кулікова<sup>1</sup>**

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ УСЕРЕДНЮВАЧІВ В ТЕХНОЛОГІЮ ОЧИСТКИ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД**

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

*Витрати господарсько-побутових стічних вод, які надходять на станції аерації для повної біологічної очистки, можуть коливатися протягом доби в широких межах. Тому одним з напрямків оптимізації роботи очисних споруд є використання регульовальних ємностей — усереднювачів, що забезпечують можливість рівномірної подачі стічних вод з усередненою концентрацією.*

*Метою статті є обґрунтування доцільності застосування усереднювачів в технологічній схемі повної біологічної очистки господарсько-побутових стічних вод. Аналіз технологічних показників Лівобережної станції аерації (ЛСА) м. Дніпро дозволив зробити висновок, що на очисних спорудах мають місце різкі добові перепади припливу стічних вод. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження технологічної операції з усереднення стоків перед первинними відстійниками та аеротенками з метою нормалізації потоку і усереднення концентрації забруднювальних речовин.*

*На підставі вихідних даних якісно-кількісних показників аналізу проб води виконано розрахунок навантаження на очисні споруди за біохімічним споживанням кисню (БСК). Визначено об'єм усереднювача за методикою, яка широко використовується в американських університетах та інжинірингових компаніях в США. Отримані результати розрахунків усереднення стічних вод за показником БСК свідчать про ефект вирівнювання концентрацій забруднювальних речовин протягом доби. Так, відношення значень навантаження за БСК без усереднення та з усередненням стічних вод складає, відповідно: максимальне до мінімального — 25,82 та 2,05; мінімальне до середнього — 0,08 та 0,62; максимальне до середнього — 2,06 та 1,27. Встановлено, що усереднені витрати стічних вод об'ємом 0,307 м<sup>3</sup>/с дозволяють уникнути перевантажень очисних споруд за показником БСК на відміну від фактичних витрат, обсяг яких може коливатись протягом доби.*

**Ключові слова:** господарсько-побутові стічні води, усереднювач, аеротенк, відстійник, біохімічне споживання кисню.

### **Постановка проблеми**

Витрати господарсько-побутових стічних вод, які направляються для повної біологічної очистки на станції аерації, можуть коливатися протягом доби в широких межах. Також мінливі і коливання концентрацій основних забруднювальних речовин. Тому одним з напрямків оптимізації роботи очисних споруд є впровадження в технологію очищення стічних вод регульовальних ємностей — усереднювачів, що забезпечують можливість рівномірної подачі стічних вод з усередненою концентрацією.

Надходження на очисні споруди виробничих стічних вод з постійною витратою і усередненою концентрацією забруднень створює такі переваги: підвищення ефективності як механічної, так і подальшої біологічної очистки стічних вод, вирівнювання пікових витрат стічних вод, збільшення терміну експлуатації обладнання.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Актуальність використання усереднювачів на станціях повної біологічної очистки стічних вод зумовлена насамперед необхідністю оптимального використання потенціалу очисних споруд та підвищення ефективності очищення в цілому. Існує багато досліджень з зазначеної тематики.

Так, в монографії [1] розглянуто сучасний стан технології біологічної очистки стічних вод і шляхи її удосконалення. Зокрема, розкриті теоретичні основи обробки стічних вод шляхом відстоювання та усереднення, аеробного та анаеробного окиснення органічних домішок, вторинного відстоювання. Проте, в монографії не висвітлено особливості застосування технологічного обладнання з очистки стічних вод в режимі перевантажень.

В роботі [2] проведено аналіз недоліків класичної технології біологічного очищення стічних вод солодових заводів. У зв'язку з нерівномірною подачею стічних вод каналізаційною насосною станцією заводу на очисні споруди обладнаний усереднювач для усереднення стічних вод за концентрацією забруднень, що забезпечує високу ефективність анаеробно-аеробну технології очищення стоків. Незважаючи на об'єктивні переваги інновації, в роботі не наведено методіку розрахунку доцільного об'єму усереднювача.

Застосування усереднювачів доцільно в технологіях очищення стічних вод різних виробництв, зокрема при виготовленні плит МДФ в деревообробній галузі [3], а також від тваринницьких комплексів [4]. Але недоліками цих досліджень є відсутність ретельного аналізу добових припливів стічних вод на очисні споруди.

Найпопулярніша технологія усереднення набула в практиці аеробного очищення муніципальних стоків. В статті [5] наведено результати дослідження стосовно інвестиційних та експлуатаційних витрат з впровадження резервуара-усереднювача призначеного для усереднення добових коливань витрат стічних вод залежно від різних погодних умов та стратегій контролю. Тим не менш, застосування аераційних пристроїв для агрегації завислих часток в усереднювачах з оцінкою ефективності не розглядаються.

На заводах з виробництва мінеральних добрив використовуються системи очистки стічних вод з використанням усереднювачів для мінімізації впливу забруднювальних речовин зі стоків на стан приймаючих річок [6]. Враховуючи усі переваги запропонованої технології для повнішої екологічної оцінки доцільно було б врахувати розсіювання забруднювальних речовин в річці після очисних споруд.

Усереднення води є також елементом екологічного дизайну та інструментом для оцінки ефективності стратегій санації та для екологічного відновлення водних екосистем на регіональному та локальному рівнях [7].

Для розробки оптимальних буферних систем вирівнювання швидкостей потоків та усереднення концентрації забруднювальних речовин пропонуються різні моделі математичного програмування для дослідження періодичних потреб у прісних технологічних водах [8].

У роботі [9] досліджено проблему порушення роботи водоочисних споруд пов'язану з нерівномірністю надходження стоків. Результативність запропонованої стратегії оцінюється в моделюванні за допомогою моделі процесу усереднення та вирівнювання концентрацій. Також моделювання процесу осадження мулу у вторинних відстійниках та усереднення стоків стає популярним напрямком внаслідок оптимізації роботи очисних споруд та мінімізації експлуатаційних витрат [10]. Але слід врахувати також викиди летких органічних сполук (ЛОС) під час усереднення стічних вод в очисних спорудах внаслідок ефекту перемішування, що становить проблему [11].

### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Вищенаведений аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що незважаючи на важливість проблеми оптимізації технології очистки промислових та господарсько-побутових стічних вод використання усереднювачів залишається без достатньої уваги як науковців, так і вузькопрофільних фахівців в галузі водоочищення.

Незважаючи на тотальне перевантаження очисних споруд України за показниками завислих речовин, БСК, нітратів, фосфатів, важких металів та інших забруднювачів, усереднення стічних вод практично не розглядається в якості заходу з підвищення техногенної та екологічної безпеки.

Основною науковою проблемою впровадження усереднювачів в практику очистки стічних вод є відсутність в чинному ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» [12] методіки розрахунку усереднювачів та визначення ефекту усереднення стосовно конкретних якісно-кількісних характеристик очисних споруд.

Наведений нижче розрахунок усереднювача для умов конкретної станції аерації за методикою, яка широко використовується в американських університетах та інжинірингових компаніях США, може бути поширений для будь якого об'єкта очистки промислових або господарсько-побутових стічних вод.

*Метою статті є обґрунтування доцільності застосування усереднювачів в технологічній схемі очищення стічних вод на Лівобережній станції аерації (ЛСА) м. Дніпро.*

Для досягнення мети поставлені та вирішені такі завдання:

1. Розрахувати навантаження на очисні споруди за біохімічним споживанням кисню для умов ЛСА;
2. Визначити об'єм усереднювача стічних вод.
3. Побудувати графік добового та усередненого навантаження за БСК.

### **Розрахунок усереднювачів для технологічної схеми очищення побутових стічних вод**

*Очисні споруди та технологія очищення господарсько-побутових стічних вод.* Лівобережна станція аерації (ЛСА) м. Дніпро — це комплекс муніципальних очисних споруд, призначених для повної біологічної очистки господарсько-побутових стічних вод від об'єктів комунальної сфери та промислових підприємств, розташований в лівобережній частині міста.

За даними Проекту «Оцінка впливу на навколишнє середовище» (ОВНС) Дніпровського міськводоканалу фактична пропускна спроможність очисних споруд станції становить 121,9 тис. м<sup>3</sup>/добу при проектній потужності 160,0 тис. м<sup>3</sup>/добу. Ефективність роботи очисних споруд ЛСА складає: по зважених речовинах — 90,3 %; по БСК — 80,2 %; по нафтопродуктах — 52,2 %.

До складу споруд ЛСА входять: преаератори, первинні радіальні відстійники з насосною станцією сирого осаду, аеротенки 3-х коридорні, пісковловлювачі, первинні та вторинні радіальні відстійники, мулова насосна станція, мулоущільнювачі вертикального типу, цех механічного зневоднення осаду, резервуар промивної води, піскові та мулові майданчики, мулоущільнювачі радіального типу, мулонасосна станція дренажних вод.

Стічні води надходять в приймальну камеру зі збірною залізобетону на дві секції. З приймальної камери стоки по дев'яти самопливним трубопроводам  $\varnothing = 900$  мм надходять на решітки, де здійснюється видалення великих забруднень з потоку. Далі стоки надходять на горизонтальні пісковловлювачі з аерацією. Після водовимірювального лотка Вентурі частина стоків надходить в преаератори, а друга частина — на первинний відстійник діаметром 40 м. З преаераторів по дюкерам стічні води потрапляють в первинні радіальні відстійники діаметром 28 м і 30 м. Освітлена стічна вода збирається через водозлив в збірний кільцевий лоток.

Після споруд механічного очищення стічні води надходять в аеротенки біологічної очистки, де перемішуються з активним мулом і аеруються. З аеротенків мулова суміш надходить у вторинні відстійники, де відбувається поділ мулової суміші на зворотний активний мул та очищені стічні води. Після вторинних відстійників стічні води надходять в приймальні резервуари насосної станції очищених стоків і після знезараження рідким хлором насосами перекачуються по трубопроводам  $\varnothing = 900$  мм і  $\varnothing = 1000$  мм в р. Дніпро через розсіювальні глибоководні випуски.

*Обґрунтування доцільності впровадження усереднювачів на ЛСА м. Дніпро.* Усереднювачі призначаються для регулювання складу і надходження стічних вод на очисні споруди. Такі резервуари зазвичай розташовуються на основному каналі стічних вод перед відстійниками; в цьому випадку все стічні води проходять через усереднювач [13].

Застосування усереднювачів для вирівнювання пікових витрат і концентрацій забруднювальних речовин стічних вод дозволяє розробити економічніші очисні споруди.

У більшості випадків застосовують проточні усереднювачі, які є багатокоридорними прямокутними резервуарами або ємностями із залізобетону, забезпеченими пристроями перемішування або барботажу води.

Принцип роботи усереднювача з диференціюванням потоку стічних вод такий: стічна вода через вікна, розташовані в розподільних лотках, надходить в коридори усереднювача і збирається потім в діагональний збірний лоток. Ефективність усереднення по концентрації досягається в цьому випадку за рахунок різного часу добігання окремих порцій стічної води до збірного лотка.

*Розрахунок усереднення стічних вод.* Відповідно до поставлених завдань статті розрахуємо навантаження на очисні споруди за БСК та визначимо об'єм усереднювача для умов ЛСА за методикою, яка широко використовується в американських університетах та інжинірингових компаніях США [14].

Аналіз технологічних показників Лівобережної станції аерації (ЛСА) м. Дніпро дозволив зробити висновок, що на очисних спорудах мають місце різкі добові перепади припливу стічних вод. У зв'язку з цим, виникає необхідність впровадження технологічної операції з усереднення стоків перед первинними відстійниками і аеротенками з метою усереднення потоку і БСК.

Розглянемо динаміку обсягів надходження стічних вод і концентрацій БСК протягом доби з годинним інтервалом в умовах ЛСА (рис. 1). За вихідними даними усередненого добового припливу стічних вод розрахуємо необхідний обсяг усереднювача.

Часовий інтервал	Витрата стічних вод поточна, Q, м3/с	Середня витрата стічних вод за часовий інтервал, Qc, м3/с	Середня витрата стічних вод за часовий інтервал Vприплив, (Qc×3600), м3/год	Накопичувальні витрати стічних вод в кінці часового інтервалу V, м3	Обсяг води в усереднювачі в кінці періоду Vп, м3 (Vп-1 + Vприплив - Vвідтік)	Значення БСК за даними експрес-аналізу, мг/л	Середнє значення БСК за часовий інтервал С(БСКпр), мг/л	Навантаження за БСК за часовий інтервал М(БСК), (Qc×С(БСКпр)) ×3,6 кг/год	Усереднена концентрація С(БСКусер), мг/л	Усереднене навантаження за БСК, С(БСКусер) × Vвідтік × 3,6, кг/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24:00:00	0.270					170				
1:00	0.280	0.275	990	990	3986	130	150	149	214	237
2:00	0.160	0.220	792	1782	3672	100	115	91	196	217
3:00	0.170	0.165	594	2376	3160	50	75	45	179	198
4:00	0.090	0.130	468	2844	2522	50	50	23	162	179
5:00	0.120	0.105	378	3222	1794	40	45	17	147	163
6:00	0.080	0.100	360	3582	1048	80	60	22	132	146
7:00	0.160	0.120	432	4014	374	100	90	39	119	132
8:00	0.250	0.205	738	4752	0	160	130	96	126	139
9:00	0.460	0.355	1278	6030	172	190	175	224	175	194
10:00	0.360	0.410	1476	7506	542	210	200	295	197	218
11:00	0.490	0.425	1530	9036	966	220	215	329	210	232
12:00	0.370	0.430	1548	10584	1408	220	220	341	216	239
13:00	0.480	0.425	1530	12114	1832	220	220	337	218	241
14:00	0.330	0.405	1458	13572	2184	200	210	306	214	237
15:00	0.440	0.385	1386	14958	2464	200	200	277	209	231
16:00	0.260	0.350	1260	16218	2618	180	190	239	203	225
17:00	0.390	0.325	1170	17388	2682	180	180	211	196	217
18:00	0.260	0.325	1170	18558	2746	160	170	199	188	208
19:00	0.400	0.330	1188	19746	2828	190	175	208	184	204
20:00	0.330	0.365	1314	21060	3036	230	210	276	192	212
21:00	0.470	0.400	1440	22500	3370	330	280	403	220	243
22:00	0.330	0.400	1440	23940	3704	280	305	439	245	271
23:00	0.430	0.380	1368	25308	3966	210	245	335	245	271
24:00:00	0.260	0.345	1242	26550	4102	150	180	224	230	254
<b>Середнє значення</b>		<b>0.307</b>	<b>1106</b>			<b>170</b>			<b>192</b>	

Рис. 1. Результати розрахунків ефекту усереднення стічних вод

1. За первинними даними кількісно-якісних характеристик обчислюємо середні погодинні витрати стічних вод і концентрацію БСК за добу. Далі знаходимо накопичувальні витрати стічних вод за добу і навантаження за БСК за кожну годину (кг/год).

2. Визначаємо об'єм резервуара-усереднювача. Для цього будемо графік витрат стічних вод: криву накопичення і пряму усереднених витрат стічних вод (рис. 2).

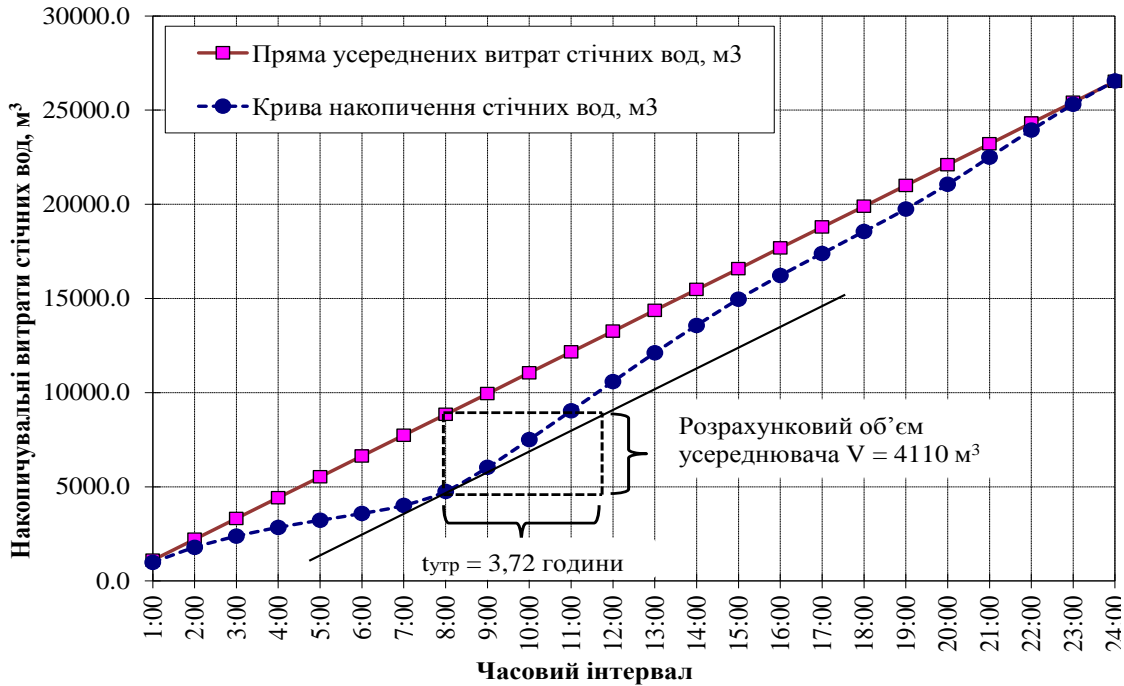


Рис. 2. Визначення необхідного об'єму усереднювача стічних вод

Так, для 1-го періоду:  $0,275 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 3600 \text{ с/год} \cdot 1 \text{ год} = 990 \text{ м}^3$ ,

а для 2-го періоду:  $0,220 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 3600 \text{ с/год} \cdot 1 \text{ год} = 792 \text{ м}^3$ .

Накопичувальні витрати за 2 період складуть:  $990 + 792 = 1782 \text{ м}^3$ .

Для 3-го періоду:  $0,165 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 3600 \text{ с/год} \cdot 1 \text{ ч} = 594 \text{ м}^3$ , а накопичувальні витрати за 3 період складуть:  $1782 + 594 = 2376 \text{ м}^3$ .

Пряма усереднених витрат ( $0,307 \text{ м}^3/\text{с}$  або  $1106 \text{ м}^3/\text{год}$ ) будується з ефектом накопичення за кожну годину.

3. Обсяг усереднення знаходимо за допомогою побудови дотичної до накопичувальної кривої і проведення з цієї точки вертикальної лінії до прямої усередненого витрати. Таким чином можна визначити необхідний обсяг усереднення стічних вод, що дорівнює  $4110 \text{ м}^3$  (див. рис. 2). Якщо годинна витрата дорівнює  $0,307 \text{ м}^3/\text{с}$  (тобто  $1106 \text{ м}^3$ ), то мінімальний час утримання води (заповнення резервуара) складе:  $3,72 \text{ години}$  ( $4110 \text{ м}^3/1106 \text{ м}^3/\text{год}$ ).

4. Використовуючи отримане значення постійного відтоку стічних вод, знайдемо обсяг води в усереднювачі з плином часу. При цьому враховуємо, що в точці дотику дотичної до кривої усереднювач практично порожній, тобто припускаємо, що за період з 8 до 9  $V_{n-1} = 0$  (рис. 2).

$$V_n = V_{n-1} + V_{in} - V_{out}, \quad (1)$$

де  $V_n$  — обсяг води в усереднювачі в кінці поточного періоду;  $V_{n-1}$  — обсяг води в усереднювачі в кінці попереднього періоду;  $V_{in}$  — обсяг припливу за поточний період;  $V_{out}$  — обсяг відтоку за поточний період ( $1106 \text{ м}^3/\text{год}$ ).

Для періоду з 8.00 до 9.00 обсяг води в басейні складе

$$V_n = V_{n-1} + V_{in} - V_{out} = 0 + 1278 - 1106 = 172 \text{ м}^3.$$

Для періоду з 9.00 до 10.00 обсяг води в басейні складе

$$V_n = V_{n-1} + V_{in} - V_{out} = 172 + 1476 - 1106 = 542 \text{ м}^3.$$

Аналогічно визначаємо обсяг води в усереднювачі в кінці кожного періоду доби.

5. Знайдемо усереднену погодинну концентрацію БСК. За умови повного змішування середня концентрація БСК на виході з усереднювача складе

$$C_{BOD}^{eq} = \frac{V_{in} \cdot C_{BOD}^{in} + V_{n-1} \cdot C_{BOD}^{n-1}}{V_{in} + V_{n-1}}, \quad (2)$$

де  $C_{BOD}^{eq}$  — усереднена концентрація БСК на виході з усереднювача,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $C_{BOD}^{in}$  — концентрація БСК в воді, що надходить в усереднювач,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $C_{BOD}^{n-1}$  — концентрація БСК в усереднювачі в кінці попереднього періоду,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $V_{n-1}$  — обсяг води в усереднювачі в кінці попереднього періоду,  $\text{м}^3$ ;  $V_{in}$  — обсяг припливу за поточний період,  $\text{м}^3$ .

Отже, для періоду з 8 до 9 години

$$C_{BOD}^{eq} = \frac{V_{in} \cdot C_{BOD}^{in} + V_{n-1} \cdot C_{BOD}^{n-1}}{V_{in} + V_{n-1}} = \frac{1278 \cdot 175 + 0 \cdot 0}{1278 + 0} = 175 \text{ г}/\text{м}^3.$$

Для періоду з 9 до 10 години

$$C_{BOD}^{eq} = \frac{V_{in} \cdot C_{BOD}^{in} + V_{n-1} \cdot C_{BOD}^{n-1}}{V_{in} + V_{n-1}} = \frac{1476 \cdot 200 + 172 \cdot 175}{1476 + 172} = 197 \text{ г}/\text{м}^3.$$

Для періоду з 10 до 11 години

$$C_{BOD}^{eq} = \frac{V_{in} \cdot C_{BOD}^{in} + V_{n-1} \cdot C_{BOD}^{n-1}}{V_{in} + V_{n-1}} = \frac{1530 \cdot 215 + 542 \cdot 197}{1530 + 542} = 210 \text{ г}/\text{м}^3 \cdot \text{г}/\text{м}^3.$$

Аналогічно визначаємо концентрацію БСК на виході з усереднювача в кінці кожного періоду протягом доби.

6. Знаходимо усереднене навантаження за БСК ( $\text{кг}/\text{год}$ ) за формулою

$$M_{BOD} = C_{BOD}^{eq} \cdot V_{out}, \quad (3)$$

де  $M_{BOD}$  — усереднене навантаження за БСК;  $C_{BOD}^{eq}$  — усереднена концентрація за БСК;  $V_{out}$  — усереднений обсяг відтоку ( $0,307 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Так, для періоду з 8 до 9 години  $M_{BOD} = \frac{175 \cdot 0,307 \cdot 3600}{1000} = 193 \text{ кг}/\text{год}$ .

Для періоду з 9 до 10 години  $M_{BOD} = \frac{197 \cdot 0,307 \cdot 3600}{1000} = 218 \text{ кг}/\text{год}$ .

Загальний ефект усереднення стічних вод показаний на рис. 3.

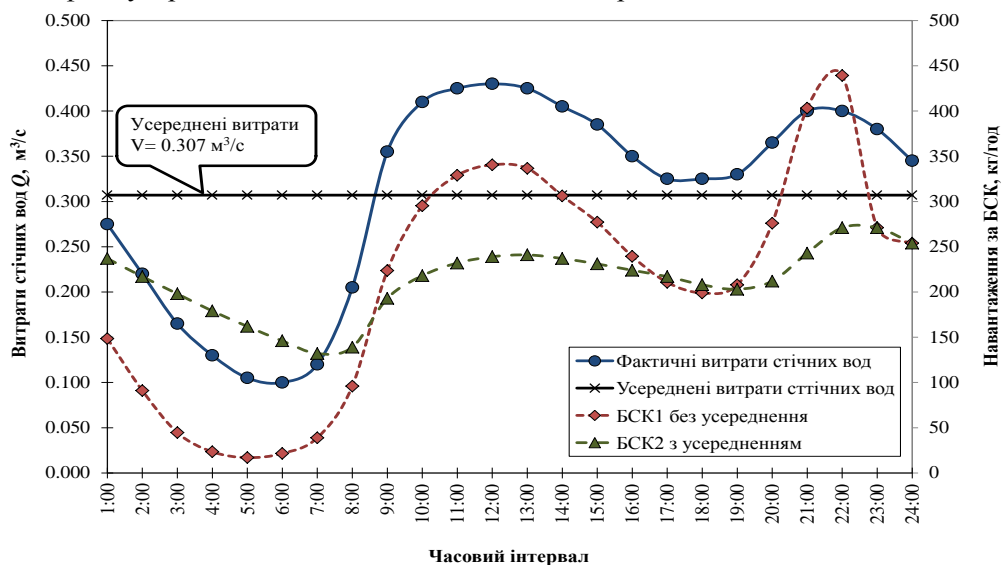


Рис. 3. Результати визначення ефекту усереднення стічних вод

Отримані результати розрахунків усереднення стічних вод за показником БСК свідчать про ефект вирівнювання концентрацій забруднювальних речовин протягом доби. Так, протягом доби відношення максимального до мінімального значень навантаження за БСК складає 25,82 (439 кг/год /17 кг/год) без усереднення та 2,05 (271 кг/год /132 кг/год) з усередненням. Відношення мінімального до середнього значень навантаження за БСК складає 0,08 (17 кг/год /213 кг/год) без усереднення та 0,62 (132 кг/год /213 кг/год) з усередненням. Відношення максимального до середнього значень навантаження за БСК складає 2,06 (439 кг/год /213 кг/год) без усереднення та 1,27 (271 кг/год /213 кг/год) з усередненням. На відміну від фактичних витрат стічних вод, обсяг яких може коливатись протягом доби, усереднені витрати (0,307 м<sup>3</sup>/с) дозволяють уникнути перевантажень очисних споруд за показником БСК.

Виконані розрахунки усереднення стічних вод можуть бути корисними не тільки для обґрунтування доцільності впровадження усереднювачів на ЛСА. Технологія усереднення дозволяє також досягнути значного поліпшення якості поверхневих водойм за умов скидання промислових стічних вод та підвищення асиміляційної ємності ресурсів річкового стоку різного ступеня забезпеченості [15].

З рис. 3 випливає, що усереднені витрати стічних вод (0,307 м<sup>3</sup>/с) завдяки впровадженню усереднювача дозволяють значно вирівняти пікові перевантаження за показниками фактичних добових витрат та навантажень за БСК.

### Висновки

Усереднювач — споруда унікальна для конкретних очисних споруд. Згідно з наведеними в роботі графіками можна обчислити об'єм усереднювача залежно від добових коливань припливів стічних вод. Крім того, на відміну від п. 10.2.3 ДБН [12] в практиці очистки стічних вод усереднювачі доцільно встановлювати перед первинними відстійниками з метою усереднення та підвищення ефективності очистки як за БСК, так і за завислими речовинами [16].

Аналіз роботи ЛСА свідчить, що існуюча схема очищення стічних вод не забезпечує необхідної якості води за показником БСК.

На підставі вихідних даних якісно-кількісних показників аналізу проб води виконано розрахунок навантаження на очисні споруди за біохімічним споживанням кисню (БСК).

Необхідний обсяг усереднення стічних вод складає 4110 м<sup>3</sup>, який розрахований на мінімальний час утримання води 3,72 години.

Отримані результати розрахунків усереднення стічних вод за показником БСК свідчать про ефект вирівнювання концентрацій забруднювальних речовин протягом доби. Так, відношення значень навантаження за БСК без усереднення та з усередненням стічних вод складає, відповідно: максимальне до мінімального — 25,82 та 2,05; мінімальне до середнього — 0,08 та 0,62; максимальне до середнього — 2,06 та 1,27.

Таким чином, основна ідея статті і безпосередній вклад авторів полягає в тому, щоби привернути увагу наукової спільноти та прикладників до проблеми використання усереднювачів в технологіях очистки води. Наразі в існуючому ДБН відсутній розрахунок усереднювачів, тому використання зрозумілих розрахунків а з перспективою і автоматизації процесу усереднення, є науково обґрунтованим для удосконалення українських водоочисних технологій.

За умов впровадження усереднювача механічна і біологічна очистка буде ефективніша. Усереднення стічних вод приведе до зменшення навантаження на інші споруди, що дозволить в цілому оптимізувати технологію очищення води.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] М. Д. Волошин, О. Л. Щербак, Я. М. Черненко, і І. М. Корнієнко, *Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод*. Дніпродзержинськ, Україна: Дніпродзержинський держ. техн. ун-т, 2009.

[2] М. Ю. Козар, і Л. А. Саблій, «Ефективна технологія очищення стічних вод солодового заводу,» *Вісник інженерної академії України*, № 3–4, с. 209–212, 2013.

[3] І. М. Таварткіладзе, О. В. Замогильна, і О. А. Коваль, «Попередня очистка стічних вод від виробництва плит МДФ,» [Електронний ресурс]. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, № 18, с. 49–59, 2012. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG\\_2012\\_18\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2012_18_7).

[4] З. С. Одноріг, О. Р. Василюк, О. І. Рубай, і Д. О. Березюк, «Модернізація технологічної лінії очищення стічних вод птахофабрики,» *Науковий вісник НЛТУ України*, № 29 (3), с. 96–98, 2019.

[5] M-N. Pons, and J.-P. Corriou, "Implementation of an Equalisation Tank on the Cost 624 Wastewater Treatment Plant Benchmark," *IFAC Proceedings Volumes*, no. 34(5), pp. 433–437, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)34258-1](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)34258-1).

- [6] B. N. Uba, and J. A. Ekundayo, "Nutrient status of wastewater in a fertilizer-factory-waste discharge equalization basin," *Bioresource Technology*, № 51 (2–3), pp. 135-142, 1995. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)00106-B](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)00106-B) .
- [7] Y. P. Khare, G. M. Naja, R. Paudel, and C. J. Martinez, "A watershed scale assessment of phosphorus remediation strategies for achieving water quality restoration targets in the western Everglades," *Ecological Engineering*, № 143, 105663, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105663> .
- [8] C.-T. Chang, and B.-H. Li, "Optimal design of wastewater equalization systems in batch processes," *Computers & Chemical Engineering*, no. 30 (5), pp. 797-806, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2005.12.003> .
- [9] I. Queinnec, J. Harmand, and S. Tarbouriech, "Analysis and Control of a Wastewater Equalization System," *IFAC Proceedings Volumes*, no. 37 (3), pp. 493-498, 2004. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)32630-7](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)32630-7) .
- [10] R. Muoio, et al., "Optimization of a large industrial wastewater treatment plant using a modeling approach: A case study," *Journal of Environmental Management*, no. 249, 109436, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109436> .
- [11] W.-H. Chen, S.-J. Lin, F.-C. Lee, M.-H. Chen, T. Y. Yeh, and C. M. Kao, "Comparing volatile organic compound emissions during equalization in wastewater treatment between the flux-chamber and mass-transfer methods," *Process Safety and Environmental Protection*, no. 109, pp. 410-419, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.04.023> .
- [12] ДБН В.2.5-75:2013. *Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування*. Видання офіційне. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013, 96 с.
- [13] С. В. Яковлев, Ред., *Очистка производственных сточных вод*. Москва: Стройиздат, 1985, 335 с.
- [14] G. Tchobanoglous, F. L. Burton, and H. D. Stensel, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th Ed. Metcalf & Eddy, Inc., McGraw-Hill Education, 2003.
- [15] D. Kulikova, O. Kovrov, Y. Buchavy, and V. Fedotov, "GIS-based Assessment of the Assimilative Capacity of Rivers in Dnipropetrovsk Region," *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, no. 27 (2), pp. 274-285, 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111851> .
- [16] V. Kolesnyk, D. Kulikova, and S. Kovrov, "In-stream settling tank for effective mine water clarification," in *Annual Scientific-Technical Collection "Mining of Mineral Deposits"*. CRC Press / Balkema, Netherlands; Taylor & Fransis Group, London, UK, pp. 285-289, 2013.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 15.04.2020

**Ковров Олександр Станіславович** — д-р техн. наук, доцент, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, e-mail: kovralex1@gmail.com ;

**Кулікова Дар'я Володимирівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро

**O. S. Kovrov<sup>1</sup>**  
**D. V. Kulikova<sup>1</sup>**

## Justification of Reasonability of Equalization Basins Implementation for the Technology of Municipal Wastewater Treatment

National Technical University «Dnipro Polytechnic», Dnipro

*The inflows of municipal sewages discharged to wastewater treatment plants for full biological treatment can vary widely throughout the day. Therefore, one of the ways of optimizing the operation of wastewater treatment plants is the use of regulating tanks – equalization basins, providing the possibility of uniform supply of wastewater with averaged concentration. The purpose of the paper is to substantiate the feasibility of using equalization basins in the technological cycle of complete biological treatment of household wastewaters. According to the analysis of technological data of the Livoberezhnna Aeration Station (LAS) located in Dnipro City the sewage inflow rates at treatment plant have significant daily variations. In this regard, there is a need to implement a separate technological operation to equalize the water inflow before the primary sedimentation tanks and aeration tanks in order to normalize the flow and average concentration of pollutants. On the basis of the initial data of qualitative and quantitative indicators of water samples chemical analysis the load of biochemical oxygen demand (BOD) at the treatment plant was calculated. The volume of the equalization basin is determined according to the methodology widely used in American universities and engineering companies in the USA. The results of calculations of wastewater averaging according to BOD indicate the effect of equalization of pollutant concentrations during the day. Thus, the ratios of BOD load values for wastewater treatment without equalization and with equalization basins are: maximum to minimum — 25,82 and 2,05; minimum to average — 0,08 and 0,62; maximum to average — 2,06 and 1,27 respectively. It is established that the average wastewater outflow in the volume of 0,307 m<sup>3</sup>/s allows avoid overloading by BOD concentrations, in contrast to the actual inflow, the volume of which can fluctuate during the day.*

**Keywords:** household wastewaters, equalization basin, aeration tank, sedimentation pond, biochemical oxygen demand.



**Kovrov Oleksandr S.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Ecology and Environmental Technologies, e-mail: kovralex1@gmail.com ;

**Kulikova Daria V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Ecology and Environmental Technologies

**А. С. Ковров<sup>1</sup>**  
**Д. В. Куликова<sup>1</sup>**

## **Обоснование целесообразности внедрения усреднителей в технологию очистки хозяйственно-бытовых сточных вод**

<sup>1</sup>Национальный технический университет «Днепровская политехника», Днепр

*Расходы хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на станции аэрации для полной биологической очистки, могут колебаться в течение суток в широких пределах. Поэтому одним из направлений оптимизации работы очистных сооружений является использование регулирующих емкостей — усреднителей, обеспечивающих возможность равномерной подачи сточных вод с усредненной концентрацией.*

*Целью статьи является обоснование целесообразности применения усреднителей в технологической схеме полной биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Анализ технологических показателей Левобережной станции аэрации (ЛСА) г. Днепр позволил сделать вывод, что на очистных сооружениях имеют место резкие суточные перепады притока сточных вод. В связи с этим возникает необходимость внедрения технологической операции по усреднению стоков перед первичными отстойниками и аэротенками с целью нормализации потока и усреднения концентрации загрязняющих веществ.*

*На основании исходных данных качественно-количественных показателей анализа проб воды выполнен расчет нагрузки на очистные сооружения по биохимическому потреблению кислорода (БПК). Определен объем усреднителя по методике, которая широко используется в американских университетах и инжиниринговых компаниях США. Полученные результаты расчетов усреднения сточных вод по показателю БПК свидетельствуют об эффекте выравнивания концентраций загрязняющих веществ в течение суток. Так, отношения значений нагрузки по БПК без усреднения и с усреднением сточных вод составляют соответственно: максимальное к минимальному — 25,82 и 2,05; минимальное к среднему — 0,08 и 0,62; максимальное к среднему — 2,06 и 1,27. Установлено, что усредненные расходы сточных вод в объеме 0,307 м<sup>3</sup>/с позволяют избежать перегрузок очистных сооружений по показателю БПК в отличие от фактических расходов, объем которых может колебаться в течение суток.*

**Ключевые слова:** хозяйственно-бытовые сточные воды, усреднитель, аэротенк, отстойник, биохимическое потребление кислорода.

**Ковров Александр Станиславович** — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры экологии и технологий защиты окружающей среды, e-mail: kovralex1@gmail.com ;

**Куликова Дарья Владимировна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологии и технологий защиты окружающей среды