

УДК 630.456

Доц. Л.І. Челядин¹, канд. техн. наук;

доц. В.П. Лісафін¹, канд. техн. наук; мол. наук. співроб. В.Л. Челядин²

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТОНКОШАРОВОГО ВІДСТІЙНИКА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХНЬОЇ РОБОТИ ТА ЕКОБЕЗПЕКУ ОБ'ЄКТА

Наведено кількість неналежно очищених стічних вод, які скидаються у водні ресурси (річки, ставки, озера) України та впливають на екологічну безпеку об'єктів. Розглянуто теоретичні засади процесу очищення стічних вод у тонкошаровому відстійнику. Виведено формулу, яка вказує на вплив конструктивних елементів відстійника, зокрема кута нахилу похилих площин, на ефективність процесу відділення механічних домішок. Запропоновано через вирахування інтегрального показника екологічної безпеки об'єкта визначати ефективність запровадження нового обладнання, установки чи нової вдосконаленої технології водоочищення.

*Assoc. prof. L.I. Chelyadyn¹; assoc. prof. V.P. Lisafin¹;
junior research officer V.L. Chelyadyn²*

Structural elements influence research of slim layer stock on efficiency of their work and ecosafety of object

The amount of the not enough cleared flow waters which brush off in the water resources (rivers, rates, lakes) of Ukraine and influence on ecological safety of objects is resulted. Theoretical principles of process of cleaning of flow waters are considered in slim layer stock. A formula which specifies on influence of structural elements of stock is shown out, in particular angle of slope of ramps, on efficiency of process of separation of mechanical admixtures. It is suggested through deduction of integral index of ecological safety of object to determine efficiency of introduction of new equipment, setting or new improved technology of water cleaning.

Екологічна ситуація в Україні та інших державах ближнього зарубіжжя формувалася протягом тривалого періоду, яка пов'язана з концентрацією ресурсомістких та енергомістких технологій перероблення природних ресурсів. Як наслідок, це призвело до значної деградації довкілля – надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосфери і земель, що впливає на зменшення народжуваності та збільшення смертності народу України. Протиріччя між природним середовищем та промисловим виробництвом формувалися з початку виникнення виробництва, оскільки за своєю сутністю воно більш відчужене від природних процесів.

Сучасний стан природних ресурсів і навколишнього середовища зумовлений забрудненням повітря, води і ґрунту, збіднюється ландшафтне і біологічне різноманіття, що негативно впливає на живі організми і людей.

Пріоритети економічного розвитку і технічного прогресу потрібно оцінювати з урахуванням стану екологічної безпеки. Усунення цієї небезпеки можливе через перегляд наявних методів природокористування, докорінно перебувати виробничо-господарську діяльність і системи природокористування на нових засадах, які ґрунтуються на досягненні компромісу між соціальними і

¹ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Ivano-Frankovsk national technical university of oil and gas)

² Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ (Pricarpathian national university named after V. Stefanyk)

економічними потребами суспільства та можливостями біосфери задовольняти їх без загрози для нормального функціонування природних екосистем.

Протягом тривалого часу підприємства та життєдіяльність людини спричиняють утворення значної кількості стічних вод, що показано в табл. 1 на основі даних [1], які забруднені шкідливими компонентами і поступають в річки, а вони є для більшості населення джерелом питної води.

Табл. 1. Кількість стічних вод в Україні та деяких областях

Протягом 2001-2005 рр.	Об'єм стічних вод, млн м ³	
	Всього	Середній за рік
Україна	56365,0	9394,0
Дніпропетровська	8710,0	1451,0
Донецька обл.	10178,0	1696,3
Закарпатська.	312,9	52,2
Запорізька.	7143,0	1190,5
Львівська обл.	1759,0	293,2
Ів-Франк. обл.	558,0	93,0
Тернопільська	374,0	62,3

У водні ресурси області в 2007 р. скинуто близько 90 млн.м³ стічних вод [2], а саме: КП Івано-Франківськ водокотехпром" (м. Івано-Франківськ) скинуто 14,45 млн м³; ВАТ "Нафтохімік Прикарпаття" – 4.414 млн м³; ВАТ "Шкіряник" м. Болехів – 0,151 млн м³; Снятинський водоканал – 0,112 млн м³; НГВУ "Долина нафтогаз" – 0,102 млн м³; КП "Галичводоканал" м. Галич – 0,077 млн м³; КП "Тлумачводоканал" м. Тлумач – 0,066 млн м³; КП "Брошнів-Осада" селищної ради смт. Брошнів – 0,103 млн м³; ТОВ "Світ шкіри" м. Болехів – 0,026 млн м³; ТОВ "Уніплит" смт. Вигода – 0,944 млн м³ та ін.

Табл. 2. Основні водокористувачі-забруднювачі водних об'єктів у Івано-Франківській області (за галузями економіки)

№ з/п	Назва підприємства	Характеристика і % до загального скиду в області	Галузь
1	КП "Івано-Франківськ-водокотехпром"	забруднені, що становить 21,57 %	комунальна
2	ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана" м. Калуш	без будь-якого очищення, становлять 0,3 %	хімічна
3	ВАТ "Нафтохімік Прикарпаття" м. Надвірна	об'єм забруднених вод, становить 6,3 %	нафтохімічна
4	ТзОВ "Уніплит" с-ще Вигода Долинського району	зворотні води, становлять 1,22 % до загальних скидів по області	лісова і деревообробна
5	ВАТ "Шкіряник"	Скиди забруднених зворотних вод становили 0,53 %	шкірообробна
6	КП "Водоканал" м. Снятин	Скиди забруднених зворотних вод становили 0,52 %	комунальна
7	КП Брошнів-Осадської селищної ради	забруднені, становили 0,51 %	комунальна

З метою забезпечення раціонального використання і охорони водних об'єктів, запобігання та попередження забруднень водних ресурсів на вказа-

них вище підприємствах є установки з очищення стічних вод, які охоплюють різні методи очищення: механічні, фізико-хімічні, біологічні та ін.

Забруднення водних ресурсів стічними водами підприємств впливають на гідросферний чинник екологічної безпеки об'єкта, а тому виникає потреба підвищення ефективності роботи установок водоочищення методом удосконалення водоочисного обладнання. Екологічна оцінка промислового виробництва базується на кількості використаної природної сировини для виробництва продукції та характеру і об'єму відходів, що утворюються. Підприємства (об'єкти) у своїй діяльності використовують водні ресурси, що призводить до утворення стічних вод, які забруднені різними компонентами.

Механічні методи очищення стічної води – потрібний елемент будь-якої схеми очищення, оскільки вони є першими спорудами для виділення основної маси не розчинних забруднень. Головне призначення споруд механічного очищення – підготовка стічної води для наступної стадії водоочищення, оскільки їхня робота впливає на ефективність процесів, що відбуваються в освітлювачах, окислювальних блоках, апаратах для ущільнення та зневоднення осадів, дозуючих та інших пристроїв.

З метою розділення та відділення нерозчинних домішок, що знаходяться у завислому стані або у вигляді емульсій, широко застосовують відстійники. У деяких випадках їхня частка у капітальних вкладеннях в очисні споруди становить приблизно половину. На сьогодні можна виділити два основних напрямки вдосконалення їхніх конструкцій – підвищення усталеності потоку і відстій у тонкому шарі. Якщо перший напрям традиційно пов'язаний із вдосконаленням традиційних конструкцій відстійників, то другий – це створення принципово нових споруд – тонкошарових відстійників [3]. Їхня роздільна здатність при виділенні тонкодисперсних домішок у багато разів перевищує роздільну здатність горизонтальних, вертикальних та радіальних відстійників. Такі відстійники мають ще низку переваг перед традиційними – малі габарити, що дає змогу розташовувати їх у закритих приміщеннях (це, своєю чергою, підвищує ефективність їхньої роботи через високу і стабільну температуру), простота будови, недефіцитність матеріалів, транспортабельність та ін. Порівняно із центрифугами, гідроциклонами, сепараторами вони дешевші, не потребують великих затрат енергії.

Технологія очищення стічної води спирається на теоретичні розроблення в галузі загальної гідромеханіки. В основному – це питання руху частинок у в'язкому середовищі. Перші дослідження у цій галузі – роботи І. Ньютона. Класичну задачу про повільне обтікання кулі розв'язав Д.Г. Стокс (так звана задача Стокса).

В ідеальній рідині коефіцієнт опору не залежить від розмірів тіла, швидкості і густини рідини. У в'язкому середовищі – розділення суспензії відбувається за рахунок різниці густин тіла і рідини, на ефективність виділення забруднень впливають розміри частинок і в'язкість рідини. Рівняння вільного руху кулі у нескінченному в'язкому середовищі має вигляд [4]

$$u_o = \frac{g(\rho - \rho_p)d^2}{18\mu}, \quad (1)$$

де: g – прискорення вільного падіння; ρ – густина частинки; ρ_p – густина рідини; d – діаметр частинки; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини.

За позитивного значення різниці густин $(\rho - \rho_p) > 0$ частинки осідають, за від'ємного – спливають. Варто зауважити, що рівняння (1) справедливе за умов, що частинка – поодинокa куля, яка рухається у нескінченному в'язкому середовищі у ламінарному режимі обтікання. Фактичні виробничі умови сильно відрізняються від зазначених, тому вводять поправки на концентрацію частинок та їхній вплив одна на одну [5].

Розглянемо рух поодинокі кулі у похилому каналі, утворений двома пластинами (рис. 1).

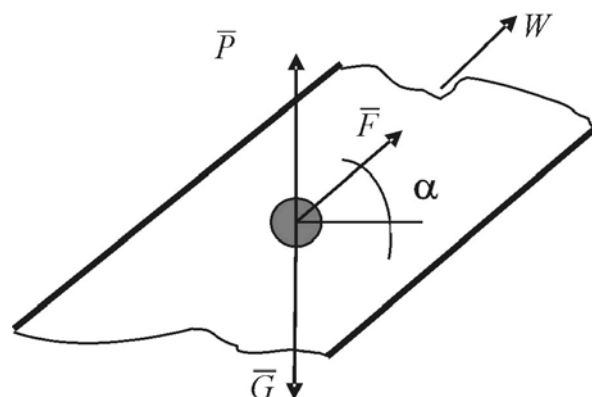


Рис. 1. Схема дії сил на кулю, що рухається між двома пластинами

Рух кулі зумовлений дією таких сил силою тяжіння:

$$G = \rho g \frac{\pi d^3}{6}; \quad (2)$$

гідростатичною підйомною силою (архімедовою силою)

$$P = \rho_p g \frac{\pi d^3}{6}; \quad (3)$$

силою опору рідини

$$F = c_x \rho_p \frac{\pi d^2}{4} \frac{W^2}{2g}, \quad (4)$$

де: c_x – безрозмірний коефіцієнт лобового опору; W – швидкість руху рідини.

Запишемо умову рівноваги діючих на кулю сил (куля перестає рухатися у висхідному потоці рідини). Для цього спроектуємо діючі сили на вертикальну вісь

$$P + F \sin \alpha - G = 0, \quad (5)$$

де α – кут нахилу пластин до горизонту.

З урахуванням рівнянь (3.2) – (3.4) останнє рівняння набуде вигляду

$$\left(\rho g \frac{\pi d^3}{6} - \rho_p g \frac{\pi d^3}{6} \right) = c_x \rho_p \frac{\pi d^2}{4} \frac{W^2}{2g} \sin \alpha. \quad (6)$$

Або після математичних перетворень

$$\frac{d}{3} g^2 (\rho - \rho_p) = c_x \rho_p \frac{W^2}{4} \sin \alpha. \quad (7)$$

Коефіцієнт лобового опору кулі за ламінарного режиму обтікання обчислюють як [1]

$$c_x = \frac{24}{Re}, \quad (8)$$

де Re – число Рейнольдса.

Останнє можна визначити через гідравлічний радіус перерізу [2]

$$Re = \frac{WR}{\nu}, \quad (9)$$

де: R – гідравлічний радіус; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини.

Для перерізу прямокутної форми

$$R = \frac{hb}{2(h+b)}, \quad (10)$$

де: h – висота перерізу в площині, перпендикулярній напрямку руху потоку;
 b – ширина перерізу.

З урахуванням рівнянь (9) та (10) рівняння (8) набуде вигляду

$$c_x = \frac{48\nu(h+b)}{Whb}. \quad (11)$$

Підставляючи значення c_x в рівняння (7), отримаємо

$$\frac{d}{3} g^2 (\rho - \rho_p) = W \frac{12\nu\rho_p(h+b)}{hb} \sin \alpha. \quad (12)$$

або

$$dg^2 \left(\frac{\rho}{\rho_p} - 1 \right) = W \frac{36\nu(h+b)}{hb} \sin \alpha. \quad (13)$$

Останнє рівняння може бути використано для розв'язку декількох інженерних задач:

- за заданих геометричних розмірів перерізу потоку можна знайти доцільний кут нахилу пластин до горизонту α , за якого частинка забруднення певного розміру буде виділятися у відстійнику;
- за заданого кута α можна визначити доцільну швидкість руху потоку або його витрату, за якого буде виділятися частинка забруднення;
- за заданої витрати і відомого кута α можна підібрати геометричні розміри тонкошарового відстійника для виділення частинок певної дисперсності.

Якщо розв'язати рівняння (13) відносно кута нахилу пластин до горизонту α , то можна знайти його мінімальне значення, за якого частинка заданого розміру буде виділятися у відстійнику

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{dg^2 hb \left(\frac{\rho}{\rho_p} - 1 \right)}{36W\nu(h+b)} \right]. \quad (14)$$

У виборі висоти перерізу потрібно враховувати товщину шару осаду, який сповзає по пластинах відстійника під дією гравітаційних сил. Ця товщина визначається реологічними властивостями осаду і кута нахилу α . Товщина шару структуризованих осадів (гідроокси металів, осади біологічного походження) більше, ніж у неструктуризованих.

Враховуючи хвилеподібний характер сповзання осаду [3, 4], висота каналу повинна бути дещо більшою від максимальної товщини осаду, яка у створі хвилі досягає 6 мм для неструктуризованих осадів, а у структуризованих у 2,5-3,0 рази більше [3]. Тому в рівняння (14) введемо поправку на висоту шару осаду h_o

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{dg^2(h-h_o)b\left(\frac{\rho}{\rho_p}-1\right)}{36Wv(h-h_o+b)} \right]. \quad (15)$$

Аналіз останнього рівняння дає змогу визначити вплив геометричних розмірів перерізу та інших чинників на ефективність роботи відстійника.

Наприклад, знайдемо мінімальний кут нахилу пластин за таких умов:

Вихідні дані		
Густина стічної води, кг/м ³	1000	
Густина частинок, кг/м ³	2500	
Ширина комірки, м	0,4	
Висота комірки по нормалі, м	0,025	
Висота осаду, м	0,005	
В'язкість стічної води, м ² /с	2,00Е-06	
Еквівалентний діаметр частинок, м	0,00001	
Швидкість руху рідини, м/с	0,45	
Розрахункові величини		
Фактична висота комірки, м	0,02	
Гідравлічний радіус, м	0,0095	
Число Рейнольдса	2142,8571	
Коефіцієнт лобового опору	0,0112	0,0112
Синус альфа	0,848642857	
Кут альфа, рад	1,013414338	
Кут альфа, град	58,094	

Розв'язок рівняння (15) дає відповідь $\alpha = 58^\circ$. При цьому переконуємося, що рух рідини між пластинами ламінарний (число $Re = 2143$).

За заданого кута α рівняння (13) може бути використане для знаходження співвідношення $x = \frac{h-h_o}{b}$, при цьому прийняті параметри будуть обмежені максимальною швидкістю руху потоку.

На основі наведених вище теоретичних, а практичних досліджень, опублікованих в [6, 7], розроблено нові конструктивні елементи тонкошарового відстійника [8] – пристрій для зміни кута нахилу похилих площин, які випробувані в експериментальних випробуваннях з використанням концентратора КР-1 [9] для визначення органічних речовин на вході у відстійник і після нього.

Таким чином, внаслідок розроблення нового обладнання, відповідно, ступінь очищення стічних вод підвищиться, а значить екологічна безпека об'єкта підвищиться, оскільки інтегральний показник екологічної безпеки (ШЕБО), який розрахований за формулою, наведеною в [10], підвищується на 2,3 бала. Крім цього, новий тонкошаровий відстійник може бути викорис-

таний в установці з перероблення шламу, що також приведе до підвищення ПЕБО.

Наведені результати і розрахунки підтверджують, що підвищення ступеня очищення стічних вод з одночасним переробленням шламів водоочищення, приведе до підвищення показника екологічної безпеки об'єкта на 5-7 балів.

Література

1. Статистичний зб. "Довкілля України". – К., 2006. – С. 48-138.
2. Регіональна доповідь "Про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області за 2007 р.", Івано-Франківськ, 2008. – 178.
3. Проектирование тонкослойных отстойников / М.В. Демура. – К. : Вид-во "Будівельник", 1981-52 с.
4. Гидравлика : учебн. пособ. [для вузов] / Е.З. Рабинович. – М. : Изд-во "Недра", 1980. – 278 с.
5. Механика жидкости / Д. Дейли, Д. Харлеман. – М. : Изд-во "Енергия", 1971. – 324 с.
6. Сапаров А. Ультразвукові засоби енергоощадливості та охорони водного басейну / А. Сапаров, О. Гашенко, І. Тихонова, І. Єфремов // І-ий Міжнародний конгрес. Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. – Львів 28-29 травня 2009. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка" 2009. – С. 51-52.
7. Челядин Л.І. Дослідження попередньої очистки стічних вод НПЗ / Челядин Л.І., Дрогомирецький Я.М., Челядин В.Л. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 1. – С. 62-64.
8. Челядин Л.І. Дослідження очистки пластових вод від сульфідних сполук / Челядин Л.І. // Розвідка і розроблення нафтових і газових родовищ, 2001. – Т.3, № 8. – С. 142-145.
9. Тонкошаровий відстійник для очистки вод Пат. (Україна) № 5740, В 01D25/00 / Челядин Л.І., Лігоцький М.В., Челядин В.Л., Ружицький Б.Й. (Україна). Опубл. 15.03.05. Бюл. № 3, 2005. – 3 с.
10. Челядин Л.І. Чинники і ризики забруднення довкілля та їх вплив на показник екологічної безпеки об'єкта / Челядин Л.І., Григорчак Л.І., Челядин В.Л. // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – № 1. – С. 45-50.

УДК 630.*36(100)

Асист. Н.В. Шевченко – НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА ТА МЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ЛІСОВОЗНОГО АВТОМОБІЛЯ

Наведено методику, яку можна рекомендувати для розв'язування задач багатокритеріальної багатопараметричної оптимізації, що виникають на різних рівнях дослідження лісовозних автомобілів з метою покращення їхніх тягово-швидкісних властивостей та підвищення паливної економічності.

Assist. N.V. Shevchenko – NUFWT of Ukraine, L'viv

Method of choice of optimum parameters of engine and mechanical transmission of wood-transport car

In the article the resulted method, which can be recommended for untiing of tasks of optimization with many parameters and criteria, that arise up on the different levels of research of wood-transport cars with the purpose of improvement of them hauling-speed properties and increase of fuel economy.

Паливна економічність і швидкісні властивості лісовозного автомобіля залежать від правильного вибору параметрів двигуна і трансмісії. Якщо за кри-