

УДК 628.334.51:622

А.І. Горова, д-р біол. наук, проф.,
В.Є. Колесник, д-р техн. наук, проф.,
Д.В. Кулікова

Державний вищий навчальний заклад „Національний
гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: kulikova1979@rambler.ru

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОСАДЖЕННЯ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У ДІЮЧОМУ МАКЕТІ ВІДСТІЙНИКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНИХ ВОД

A.I. Horova, Dr. Sci. (Biol.), Professor,
V.Ye. Kolesnyk, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
D.V. Kulikova

State Higher Educational Institution
“National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: kulikova1979@rambler.ru

PHYSICAL MODELING OF PRECIPITATION PROCESS OF THE SUSPENDED MATERIALS IN PHYSICAL MODEL OF SEDIMENTATION TANK FOR MINE WATER TREATMENT

Мета. Підвищення ефективності очистки стічних вод шляхом проведення експериментальних досліджень з моделювання процесу випадіння часток завислих речовин на фізичній моделі – діючому макеті горизонтального відстійника вдосконаленої конструкції, що полягає у визначенні швидкості осадження часток зависі, при яких забезпечується заданий ефект освітлення (очистки) води, а також необхідна для цього тривалість процесу відстоювання.

Методика. Методика фізичного моделювання процесу випадіння завислих речовин у діючому макеті відстійника заснована на подібності кривих осадження часток зависі, побудованих при різних висотах стовпа рідини.

Результати. Проведено фізичне моделювання процесу випадіння завислих речовин у макеті відстійника. Побудовано криві випадіння часток зависі в залежності від тривалості відстоювання при різній висоті шару рідини й середньої швидкості осадження завислих часток (або їх гідравлічної крупності). З підвищенням глибини зони осадження, час випадіння часток зависі збільшується, а ефект очистки, при цьому, навпаки, знижується. У той же час, зі збільшенням висоти зони осадження, значення гідравлічної крупності завислих часток, що випадають на дно, зростають, а ефект освітлення (очистки), при цьому, знижується.

Наукова новизна. Встановлено графічні та аналітичні залежності між тривалістю процесу випадіння часток зависі на дно макету горизонтального відстійника вдосконаленої конструкції, його глибиною і середньою швидкістю осадження завислих речовин (гідравлічною крупністю).

Практична значимість. Отримані криві осадження часток завислих речовин, що містяться в стічних водах, дозволяють оптимізувати процес очистки шахтних вод у горизонтальних відстійниках удосконаленої конструкції.

Ключові слова: шахтні води, горизонтальний відстійник, гідравлічна крупність, ефективність очистки стічних вод

Вступ Шахтні води, які відкачуються на поверхню вуглевидобувними підприємствами, містять завислі речовини, що є полідисперсними гетерогенними седиментаційно-нестійкими системами. Частки можуть бути від порівняно великих до дрібних розмірів, аж до колоїдних, форма яких може бути різноманітною.

Сучасні конструкції горизонтальних відстійників, що застосовуються для освітлення (очищення) води, є проточними, оскільки осадження завислих часток у

них відбувається при безперервному русі води від місця подачі забруднених стоків до випуску освітленої рідини. Саме тому горизонтальні швидкості руху потоку рідини у відстійних спорудах повинні складати декілька мм/с. При таких незначних швидкостях потік майже цілком втрачає свою, так звану, транспортуючу здатність, обумовлену інтенсивним турбулентним перемішуванням.

Випадіння завислих часток у потоці, що рухається з досить малою швидкістю, підкоряється, за В.Т. Турчиновичем, законам осадження в нерухомому об'ємі рідини [1]. Частки завислих речовин у відс-

тійнику випадають також, як і в нерухомому об'ємі води, з тією лише різницею, що цей об'єм переміщується в горизонтальному напрямку зі швидкістю руху води у відстійній споруді.

Швидкість випадіння полідисперсної системи часток безперервно змінюється в часі. На характер осадження часток впливають їх розмір і форма, режим руху освітлюваної води та її в'язкість, що змінюється з температурою, а також густина завислих часток [2].

У процесі осадження завислих речовин розмір, густина і форма часток, а також фізичні властивості системи безперервно змінюються. Саме це ускладнює встановлення дійсних закономірностей процесу осадження часток зависі у шахтній воді без попереднього дослідження кінетики їх випадіння. При сучасному рівні вивченості кінетики випадіння завислих речовин отримати необхідні дані можливо тільки експериментальним шляхом.

Постановка завдання досліджень. Для підвищення ефективності очищення шахтних вод від завислих грубодисперсних часток і домішок, запропонована вдосконалена конструкція горизонтального відстійника [3], що відноситься до засобів механічної очистки стічних вод від нерозчинених й частково колоїдних забруднень мінерального та органічного походження шляхом їх осадження на дно пристрою під дією сили тяжіння. Авторами ставилося завдання проведення експериментальних досліджень із фізичного моделювання процесу випадіння завислих речовин у діючому макеті горизонтального відстійника вдосконаленої конструкції, що полягає у визначенні швидкості осадження зависі й тривалості перебування води у пристрої, що забезпечує заданий ефект її освітлення.

Основні результати. Методика фізичного моделювання заснована на подібності кривих осадження часток зависі, побудованих при різних висотах стовпа рідини. Завдяки схожості кривих осадження часток завислих речовин виявляється можливим моделювання цього процесу в циліндрах з невеликою висотою стовпа води. При цьому час, протягом якого досягається певний ефект освітлення, значно зменшується, у порівнянні з тривалістю осадження у відстійних спорудах. Це дозволяє скоротити час експериментальних досліджень і порівняно швидко визначити необхідні параметри для розрахунку відстійників.

На різних шахтах розмір часток завислих речовин може бути досить різноманітним. Інтервал дисперсності часток складає від мікрометра до сотні мікрометрів, тому швидкість їх осадження також досить різна [4].

Умови фізичного моделювання процесу осадження часток зависі вимагають збереження режиму течії, а також кількісного і гранулометричного складу завислих речовин, що містяться в потоці.

Вихідними даними для проведення кінетики випадіння завислих речовин і побудови кривих осадження зависі послужили знання про гранулометричний склад осаду шахтних вод із водозбірників деяких шахт [4]. Було встановлено приблизний дисперсний склад осаду завислих речовин, що містяться в шахтних водах, який наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Приблизний дисперсний склад осаду завислих речовин, що містяться в шахтних водах

Крупність фракції, мкм	Вміст фракції, %
менш 5	35,6
5-10	12,3
10-20	14,0
20-30	12,8
30-50	13,5
більш 50	11,8

Відповідно до встановленого дисперсного складу, було обрано 5 видів домішок, розмір часток яких відповідає фракціям завислих речовин, що містяться в реальному осаді шахтних вод. Тип домішок, обраних в якості експериментальних для проведення фізичного моделювання процесу осадження завислих речовин, і приблизний розмір їх часток наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Тип домішок для проведення фізичного моделювання процесу осадження завислих речовин та приблизний розмір їх часток

Тип домішок	Приблизний розмір часток зависі, d, мкм
Тонкозернистий пісок	більш 50
Мул крупний	27
Пил	15
Мул дрібний	10
Глина	менше 3

За рахунок встановлення в макеті вдосконаленого відстійника трьох перегородок забезпечується односпрямований ламінарний характер течії. Це, у свою чергу, дає можливість зміни напрямку руху завислих часток на спадний (відбувається ефективна седиментація часток зависі), що сприяє інтенсифікації процесу осадження твердих часток і домішок різної гідравлічної крупності й густини речовини.

Стічні води, що подаються на очищення, пройшовши через незатоплений розподільчий лоток з отворами на дні і потрапивши в робочу зону макету відстійника, сепаруються за густиною частинок, а вода починає освітлюватися.

Оскільки глибина макету відстійника, зі збільшенням його довжини, зростає, а в місці впуску стічних вод у робочу зону вона дорівнює нулю, осадження часток завислих речовин починається відразу ж після входу води у відстійну споруду.

При вивченні основних гідравлічних елементів потоку в макеті відстійника встановлено, що на невеликій ділянці від впуску освітлюваної рідини у відстійну споруду до її першої перегородки спостерігаються пульсації швидкостей з інтенсивним турбулентним перемішуванням води, внаслідок чого потік набуває транспортуючої складової. Тому початкову глибину осадження завислих часток визначаємо як висоту першої перегородки відстійної споруди ($h_{\text{осадження}}=7,5$ см), за якою рух рідини набуває стійкого ламінарного характеру.

Основним вихідним параметром при технологічному розрахунку відстійників будь-якого типу є швидкість осадження завислих часток (гідралічна крупність), для виділення яких і призначена відстійна споруда. Вихідну швидкість осадження завислих часток U_0 , які потрібно виділити зі стічної води, визначають за даними її седиментаційного аналізу та за необхідним ступенем очистки.

Найбільш надійним шляхом встановлення достовірної швидкості осадження тієї чи іншої частки зависі є експериментальні дослідження кінетики випадіння завислих речовин, що містяться у воді. Крім того, необхідно відзначити, що більш надійні результати можуть бути отримані лише в тому випадку, коли висота h лабораторних циліндрів-седиментаторів, в яких відбувається відстоювання, дорівнює або близька глибини відстійної споруди H . Оскільки глибина макету відстійника є величиною змінною за довжиною, обираємо 4 поперечних перетини у пристрої (три перегородки та задня торцева стінка), висоту яких буде взято за основу при проведенні експериментальних досліджень седиментації часток.

Отже, кінетику випадіння завислих речовин визначаємо в циліндрі на висотах:

- $h_1=7,5$ см (глибина першої перегородки);
- $h_2=21,5$ см (глибина другої перегородки);
- $h_3=36$ см (глибина третьої перегородки);
- $h_4=54$ см (висота задньої торцевої стінки макету відстійника).

Тривалість відстоювання при проведенні дослідження кінетики випадіння завислих речовин, що містяться у воді, склала 5 годин.

Результати експериментів за визначенням кількості завислих речовин, що випали на дно циліндра, у залежності від зміни тривалості процесу відстоювання, наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Залежність ефекту освітлення стічних вод від тривалості процесу відстоювання для деяких видів завислих речовин при різній висоті шару рідини

Ефект освітлення води, %	Тривалість відстоювання t, с, при висоті шару води h, см			
	h =7,5	h =21,5	h =36,0	h =54,0
10	60	120	200	300
24	120	360	600	900
38	240	720	1200	1800
50	480	1440	2400	3600
60	1020	2880	4800	7200
73	2400	7200	12000	18000
81	3600	10800	18000	-
85	5400	14400	-	-

Після дослідження кінетики випадіння завислих речовин, що містяться у воді, за даними таблиці 3 будувалися графіки залежності кількості зависі, що випала на дно, від часу освітлення різної висоти шару рідини в циліндрі (рис. 1).

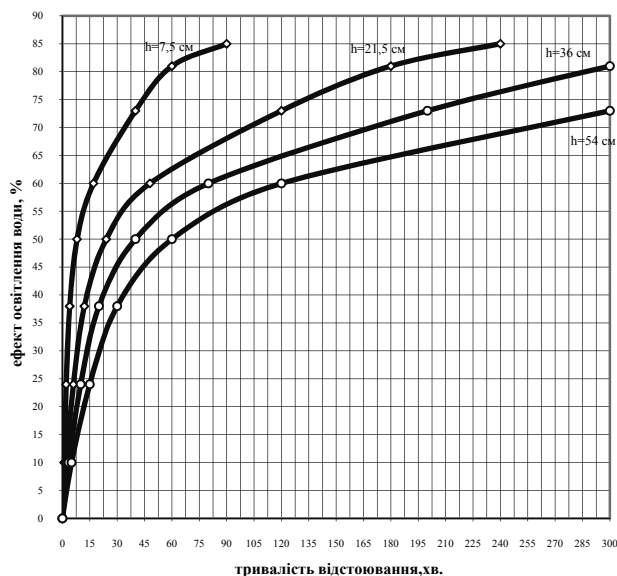


Рис. 1. Графіки зміни ефекту освітлення води, що містить завислі речовини, від тривалості процесу відстоювання при різній висоті шару рідини

На підставі побудованих графіків можна зробити висновок, що величини ефекту освітлення води, що містить завислі речовини, і тривалість процесу відстоювання при різній висоті шару рідини описуються логарифмічною залежністю, що після апроксимації даних має наступний вид:

- при глибині $h=7,5$ см – $y = 16,498 \cdot \ln(x) + 12,875$, достовірність апроксимації $R^2 = 0,995$;
- при глибині $h=21,5$ см – $y = 15,886 \cdot \ln(x) - 1,9433$, $R^2 = 0,9978$;
- при глибині $h=36,0$ см – $y = 15,901 \cdot \ln(x) - 10,095$, $R^2 = 0,9972$;
- при глибині $h=54,0$ см – $y = 15,817 \cdot \ln(x) - 16,296$, $R^2 = 0,996$.

На графіках, що відображають зміну ефекту освітлення води, яка містить завислі речовини, від тривалості процесу відстоювання при різній висоті шару рідини (рис. 1) представлено сімейство кривих випадіння полідисперсної зернистої зависі. Криві відрізняються одна від одної тільки формою. Однаковий ефект осадження завислих часток досягається при різній тривалості відстоювання води, але всі криві подібні між собою.

За допомогою отриманих кривих випадіння завислих речовин можна визначити розрахункові швидкості осадження завислих речовин, що називаються гідралічною крупністю часток, при яких забезпечується заданий ефект освітлення рідини. Значення гідралічної крупності часток зависі, при заданому ефекті освітлення (очищення) води, наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Залежність ефекту освітлення води, що містить завислі речовини, від швидкості осадження часток зависі (гідравлічної крупності)

Ефект освітлення води, %	Середня гідравлічна крупність часток зависі, U_0 , мм/с
10	1,66
24	0,61
38	0,3
50	0,152
60	0,075
73	0,03
81	0,02
85	0,015

Результати досліджень фізичного моделювання процесу осадження завислих речовин показали, що найбільш крупні частки зависі, діаметр яких перевищує 50 мкм, гідравлічною крупністю 1,7 мм/с і вище, випадають швидше й осаджуються в перші 5–10 хв процесу освітлення води. Процес освітлення (очищення) води, що містить завислі речовини, інтенсивно відбувається протягом перших 60 хв, а потім йде на уповільнення.

Швидкість осадження дрібних часток завислих речовин, включаючи колоїдні системи, незначна, тому вони можуть довгий час знаходитись у воді в завислому стані. Це пояснюється не тільки малим розміром часток (менш 5 мкм), а також відсутністю їх коагуляції.

Якщо на графіках, що відображають зміну ефекту освітлення води, яка містить завислі речовини, від тривалості процесу відстоювання (рис. 1) змінити масштаб осі абсцис і відкласти замість значень часу величини середньої гідравлічної крупності часток зависі, то всі криві поєднуються в одну (рис. 2).

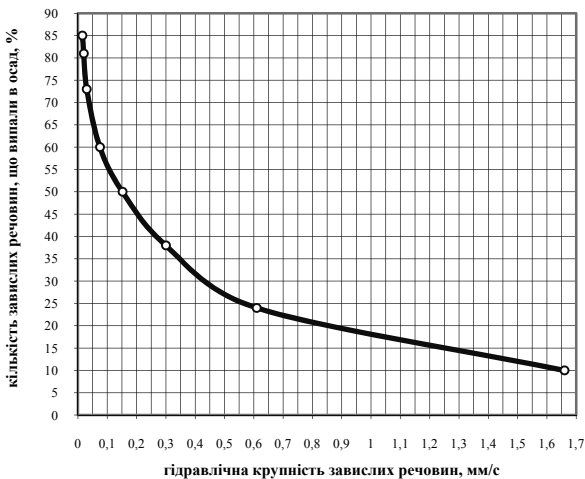


Рис. 2. Графік зміни ефекту освітлення рідини, що містить завислі речовини, від швидкості осадження часток зависі (середньої гідравлічної крупності)

Цей графік апроксимуємо логарифмічною залежністю у вигляді $y = -16,037 \cdot \ln(x) + 17,978$; $R^2 = 0,9982$.

Аналізуючи дані таблиць 3, 4 та побудовані на їх підставі графіки (рис. 1, 2), можна зробити висновок, що при осадженні полідисперсної суспензії глибина потоку має суттєвий вплив на нерівномірність розподілу завислих часток. У відстійнику кожна зависла частка одночасно рухається з потоком рідини у горизонтальному напрямку через перетини отворів перегородок зі швидкістю v_{cp} і під дією сили тяжіння осідає на дно зі швидкістю U_0 . Тому швидкість і напрямок переміщення кожної завислої частки представляють рівнодіючу цих двох швидкостей [5]. У відстійній споруді встигають осісти тільки ті завислі частки, траєкторія руху яких досягає дна пристрою в межах його робочої довжини. При меншій глибині відстійника (висота першої перегородки $h=7,5$ см) цей процес здійснюється швидше, внаслідок чого можливо одержати високий ефект випадіння завислих часток за більш короткий проміжок часу.

Так, при глибині осадження $h=7,5$ см за 90 хв. максимальна кількість завислих часток, що випали на дно циліндра в осад, складає 85%. За цей проміжок часу в осад випадають частки зависі, гідравлічна крупність яких досягає 0,014 мм/с. Аналогічний ефект освітлення при глибині осадження $h=21,5$ см (висота другої перегородки) вже буде досягнуто за більший проміжок часу. Для того, щоб осіли частки зависі з гідравлічною крупністю $U_0=0,015$ мм/с, при заданій глибині, потрібно затратити 240 хв. При глибині осадження $h=36,0$ см (висота третьої перегородки) і $h=54,0$ см (висота задньої торцевої стінки макету відстійника) для досягнення заданого ефекту випадіння часток зависі (85%) з найменшою гідравлічною крупністю (0,015 мм/с) потрібно більш 5 годин.

Таким чином, результатом проведеного фізичного моделювання процесу осадження завислих речовин є побудова кривих випадіння часток зависі в залежності від тривалості відстоювання при різній висоті шару рідини і середній швидкості осадження завислих часток (гідравлічної крупності). На їх підставі можна визначити процентну кількість часток зависі, що осаджуються на дно, протягом будь-якого заданого проміжку часу. Крім того, є можливість знайти процентний вміст різних фракцій зависі з відповідною гідравлічною крупністю часток.

Визначення тривалості випадіння часток зависі різної гідравлічної крупності на дно макету відстійника в міру збільшення його глибини. Знаючи величини середньої гідравлічної крупності часток зависі, що випадають на дно макету відстійника, та його глибину, що збільшується від незатопленого розподільного лотка до водозбірної кишені, можна обчислити тривалість випадіння завислих часток на дно відстійної споруди під дією сили тяжіння за формулою [5]

$$t_s = \frac{h}{U_0}, \quad (1)$$

де U_0 – середня гідравлічна крупність часток зависі, що випадають на дно макету відстійника, мм/с (табл. 4); h – глибина макету відстійника, що збільшується від незатопленого розподільного лотка до водозбірної кишені (від 0 до 54 см).

При розрахунку тривалості випадіння часток на дно відстійника, для одержання більш точних результатів, були враховані проміжні значення глибин, що відповідають висотам перегородок, встановлених у відстійній споруді: перша – 7,5 см, друга – 21,5 см, третя – 36 см. Відповідно, обираємо початкову глибину осадження завислих речовин.

У зв'язку з тим, що горизонтальна швидкість руху потоку рідини є такою, що безперервно змінюється за величиною і напрямком, виходить, що рух завислих речовин у процесі їх осадження здійснюється за різними траєкторіями, відповідно до закону випадкових явищ, і що задача визначення місця падіння часток будь-якої фракції на дно відстійної споруди практично не може бути вирішена однозначно.

Час проходження завислих речовин за довжиною макету відстійника (t_z) повинен бути більше або дорівнювати часу випадіння часток на дно пристрою під дією сили тяжіння (t_g), тобто $t_z \geq t_g$ [5]. Розрахований час проходження часток зависі, за перетином макету відстійника ($L=0,99$ м), від незатопленого розподільчого лотка до водозбірної кишені складає 3960 с.

Скориставшись результатами фізичного моделювання процесу осадження часток зависі (рис. 1, 2), а також отриманими логарифмічними залежностями, можна зробити висновок, що дана умова ($t_z \geq t_g$) безпосередньо для макету вдосконаленого відстійника, відповідно даних рис. 3, буде виконана наступним чином:

- при глибині осадження, що дорівнює 7,5 см, в осад випадуть частки зависі з гідравлічною крупністю до 0,019 мм/с; при цьому ефективність очистки води становить 82%;

- при глибині осадження, що дорівнює 21,5 см, в осад зможуть випасти частки зависі з гідравлічною крупністю до 0,054 мм/с; при цьому ефект освітлення становить 65%;

- при глибині осадження, що дорівнює 36,0 см, в осад зможуть випасти частки зависі з гідравлічною крупністю до 0,091 мм/с; при цьому ефект освітлення становить 56%;

- при глибині осадження, що дорівнює 54,0 см, в осад зможуть випасти частки зависі з гідравлічною крупністю до 0,137 мм/с; при цьому ефект освітлення становить 50%.

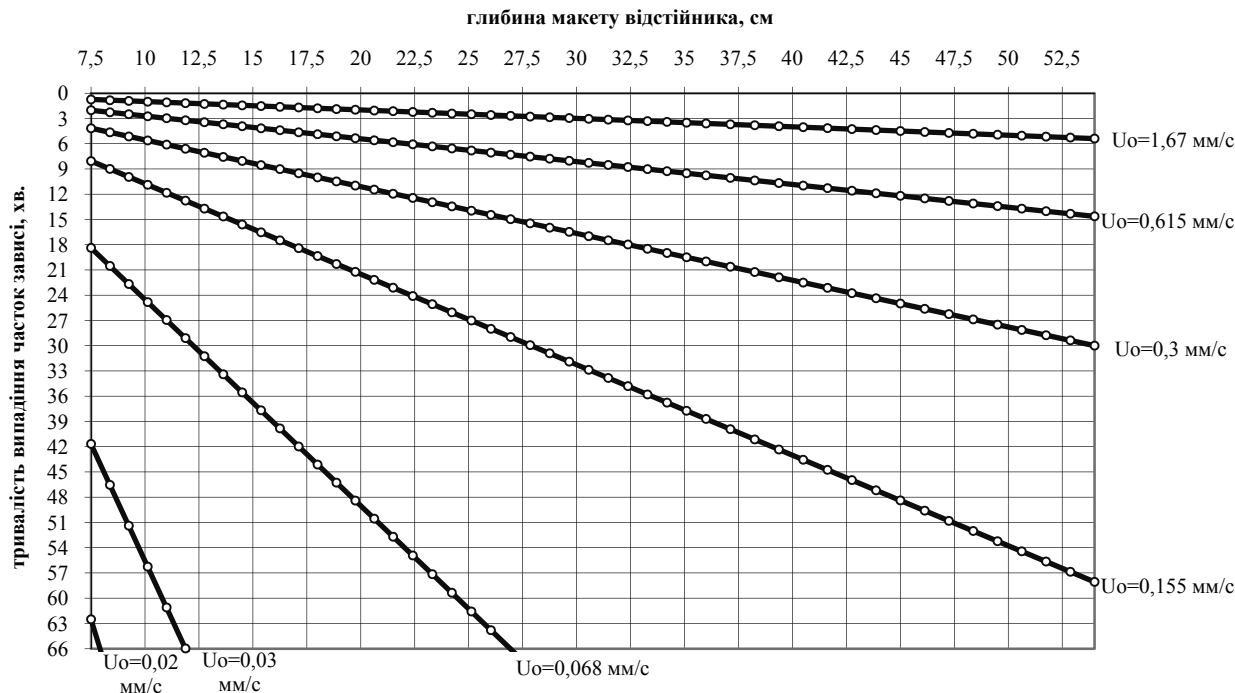


Рис. 3. Залежності зміни тривалості випадіння часток зависі різної гідравлічної крупності на дно макету відстійника в міру збільшення його глибини при заданому часі проходження цих часток за перетином пристрою

Таким чином, при однаковій величині гідравлічної крупності часток зависі на різній висоті стовпа води, тривалість випадіння завислих часток, а, отже, й ефективність очистки (освітлення) рідини, що містить домішки, не однакові. Так встановлено, що з підвищенням глибини зони осадження час випадіння часток зависі збільшується, а ефект очистки при цьому, навпаки, знижується. У той же час, при заданій тривалості випадіння часток зависі на різній висоті стовпа води, швидкість осадження завислих речовин і ефективність очистки рідини також будуть не однаковими. Зі збіль-

шенням висоти зони осадження значення гідравлічної крупності завислих часток, що випадають на дно, зростають, а ефект очистки при цьому знижується. Отже, доцільно обирати глибину запропонованого відстійника в місці впуску стічних вод мінімальною, оскільки зі зменшенням висоти зони осадження знижується час, необхідний для випадіння часток зависі різної гідравлічної крупності на дно пристрою, що, у свою чергу, дозволяє підвищити ефективність очистки стічних вод за рахунок затримки більшої кількості завислих речовин, що випадають в осад.

Висновки. При проведенні експериментальних досліджень з фізичного моделювання процесу осадження завислих речовин у діючому макеті горизонтального відстійника вдосконаленої конструкції були отримані наступні результати:

1. Побудовано криві осадження часток завислі в залежності від тривалості процесу відстоювання при різній висоті шару рідини та середній швидкості осадження завислих часток (гідралічної крупності). На їх підставі можна визначити процентну кількість завислих речовин, що осаджуються на дно, протягом будь-якого заданого проміжку часу з відповідною гідралічною крупністю.

2. Встановлено зв'язок між тривалістю процесу випадіння часток завислі на дно макету горизонтального відстійника вдосконаленої конструкції, його глибиною і швидкістю осадження завислих речовин (гідралічною крупністю). На підставі отриманих результатів встановлено, що глибину запропонованого відстійника вдосконаленої конструкції слід обирати в місці впуску стічних вод мінімальною, оскільки зі зменшенням висоти зони осадження знижується час, необхідний для випадіння часток завислі різної гідралічної крупності на дно пристрою, що, у свою чергу, дозволяє підвищити ефективність очистки стічних вод за рахунок затримки більшої кількості завислих речовин, що випадають в осад.

Список літератури / References

1. Сомов М.А. Водоснабжение / Сомов М.А., Журба М.Г., Говорова Ж.М. – М.: АСВ, 2008. Т. 2. – 544 с.
Somov, M.A., Zhurba, M.G. and Govorova, Zh.M. (2008), *Vodosnabzheniye* [Water Supply], vol.2, ASB, Moscow, Russia.
2. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев – М.: АСВ, 2006. – 704 с.
Voronov, Yu.V. and Yakovlev, S.V. (2006), *Vodootvedeniye i ochistka stochnykh vod* [Sewerage and Treatment of Waste Waters], ASB, Moscow, Russia.
3. Пат. на корисну модель № 55988 Україна, МПК⁸ В 01 D 21/02. Пристрій для очистки скидів від завислих речовин / Колесник В.Є., Кулікова Д.В. Заявл. 12.10.2010; Опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. – 4 с.
Kolesnik, V.E. and Kulikova, D.V. Patent for useful model. 55988 Ukraine, MПК⁸ В 01 D 21/02. "The equipment for treatment dumping from suspended solids", Dated December 27, 2010; Bulletin, no. 24, 4 p.
4. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки / Долина Л.Ф. – Днепропетровск: Молодежная экологическая лига Приднепровья, 2000. – 43 с.
Dolina, L.F. (2000), *Stochnye vody predpriyatiy gornoy promyshlennosti* [Waste Water of Mining Industry and Methods of Its Treatment], Molodezhnaya ekologicheskaya liga Pridneprovya, Dnipropetrovsk, Ukraine.
5. Томаков П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах / Томаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М. – М.: МГУ, 1994. – 417 с.
Tomakov, P.I., Kovalenko, V.S. and Mikhaylov, A.M. (1994), *Ekologiya i okhrana prirody pri otkrytykh gornyykh*

rabotakh [Ecology and Protection of the Environment During Open Cast Mining], MGGU, Moscow, Russia

Цель. Повышение эффективности очистки сточных вод путем проведения экспериментальных исследований по моделированию процесса выпадения частиц взвешенных веществ на физической модели – действующем макете горизонтального отстойника усовершенствованной конструкции, заключающееся в определении скорости осаднения частиц взвеси, при которых обеспечивается заданный эффект осветления (очистки) воды, а также необходимая для этого продолжительность процесса

Методика. Методика физического моделирования процесса выпадения взвешенных веществ в действующем макете отстойника основана на подобии кривых осаднения частиц взвеси, построенных при разных высотах столба жидкости.

Результаты. Проведено физическое моделирование процесса выпадения взвешенных веществ в макете отстойника. Построены кривые выпадения частиц взвеси в зависимости от продолжительности отстаивания при разной высоте слоя жидкости и средней скорости осаднения взвешенных частиц (или их гидравлической крупности). С повышением глубины зоны осаднения, время выпадения частиц взвеси увеличивается, а эффект очистки при этом, наоборот, снижается. В то же время, с увеличением высоты зоны осаднения, значения гидравлической крупности взвешенных частиц, выпадающих на дно, возрастают, а эффект осветления (очистки), при этом, снижается.

Научная новизна. Установлены графические и аналитические зависимости между продолжительностью процесса выпадения частиц взвеси на дно макета горизонтального отстойника усовершенствованной конструкции, его глубиной и средней скоростью осаднения взвешенных частиц (гидравлической крупностью).

Практическая значимость. Полученные кривые осаднения частиц взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах, позволяют оптимизировать процесс очистки шахтных вод в горизонтальных отстойниках усовершенствованной конструкции.

Ключевые слова: шахтные воды, горизонтальный отстойник, гидравлическая крупность, эффективность очистки сточных вод

Purpose. To carry out the experimental research by modeling of the process of deposition of suspended substances in the physical model of the horizontal sedimentation tank of improved construction. The research consists in determining of the deposition rate of suspended particles required to achieve the necessary efficiency of waste water treatment and the time necessary for the process of settling.

Methodology. Methods of modeling of suspended solids deposition in the physical model of horizontal sedimentation tank were based on the similarity of the suspended particles deposition curves constructed for different heights of the liquid column.

Findings. The physical modeling of the process of deposition of the suspended materials in an experimental

model of the sedimentation tank was carried out. The graphical curves of deposition of the suspended particles depending on the time of settling in conditions of different depth of the deposition zone and average deposition rate of suspended solids (or hydraulic size of particles) were graphed. The deeper is the deposition zone, the longer is the settling time and the worse becomes the effect of waste water treatment. At the same time, with the increase of height of the deposition zone, the hydraulic size of suspended particles, falling to the bottom of the sedimentation tank model increases, and the waste water clarification becomes less effective.

Originality. Graphical and analytical dependences between the time of settling of suspended particles in the

experimental model of the horizontal sedimentation tank of improved construction and its depth, and average deposition rate of suspended solids (or hydraulic size of particles) were obtained.

Practical value. Obtained curves of deposition of suspended particles in waste water allow us to optimize the process of the mine water treatment in horizontal sedimentation tanks of the improved construction.

Keywords: *mine water, horizontal sedimentation tank, hydraulic size of particles, efficiency of waste water treatment*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Т.І. Долговою. Дата надходження рукопису 29.09.11

УДК 622.807.54

**В.И. Голинько, д-р. техн. наук, проф.,
И.О. Лутс,
Е.А. Яворская, канд. техн. наук, доц.**

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,
e-mail: golinko@nmu.org.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО И ПЫЛЕВОГО БАЛАНСА В НАКЛОННОМ СТВОЛЕ ШАХТЫ №9-10 МАРГАНЕЦКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

**V.I. Golinko, Dr. Sci. (Tech.), Prof.,
I.O. Luts,
Ye.A. Yavorskaya, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: golinko@nmu.org.ua

RESEARCH OF AIR AND DUST BALANCE IN INCLINED SHAFT OF THE MINE N.9-10 AT MANGANESE DRESSING PLANT

Цель. Оптимизация борьбы с пылеобразованием путем изучения аэродинамической обстановки в наклонном стволе при различных режимах проветривания при транспортировании марганцевой руды ленточным конвейером. Изучение закономерностей интенсивности осаждения пыли.

Методика. Методика промышленных исследований пылевого баланса наклонного ствола включает определение запыленности воздуха в наклонном стволе в нескольких сечениях в трех точках: над поверхностью транспортируемого материала, под холостой ветвью ленточного конвейера и в пространстве между ставом ленточного конвейера и стенкой наклонного ствола. Запыленность воздуха определялась у входа в наклонный ствол и далее через каждые 120 метров по длине ствола. Определение запыленности воздуха в наклонном стволе проводилось методом внешней фильтрации с применением аспиратора АЭРО-4 на фильтре АФА-18 с последующим взвешиванием навески пыли на фильтре.

Результат. Результаты исследований показывают, что запыленность воздуха в рабочем проходе увеличивается с (1,3–2,0) мг/м³ у входа в наклонный ствол до (6,3–7,5) мг/м³ в нижней части ствола. Эти результаты позволяют в дальнейшем произвести выбор наиболее оптимального способа борьбы с пылеобразованием в наклонном стволе. Уборка осевшей пыли требует дополнительных затрат и приводит к вторичному пылеобразованию осевшей и подсохшей пыли. Необходимо создание средств предотвращения налипания руды на ленту и механизированной уборки просыпей, для чего требуется изучение физико-механических свойств марганцевой руды.

Научная новизна. Получены зависимости осаждения пыли под ветвями ленточного конвейера в зависимости от его длины и времени года.

Практическая значимость. Изучение интенсивности осаждения пыли позволяет в дальнейшем разработать способы и средства предотвращения налипания марганцевой руды на ленту.

Ключевые слова: *воздухообмен, конвейер, пылевыделение, атмосфера, температура, ствол*

Постановка проблемы. На шахте № 9–10 Марганецкого ГОК внедрена поточная технология с конвейерной доставкой руды от забоя до поверхности.

Хотя в последние годы производительность шахты снизилась почти вдвое, на работе наклонного конвейера и пылеобразовании это никак не отразилось. Дело в том, что на наклонный конвейер поступает вся руда и с шахты № 14–15. Таким образом, годовая производи-