

УДК 628.334.51:622

В.Є. Колесник, д-р техн. наук, проф.,  
Д.В. КуліковаДержавний вищий навчальний заклад „Національний гір-  
ничий університет“, м.Дніпропетровськ, Україна,  
e-mail: kulikova1979@rambler.ru

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЕННЯ ШАХТНОЇ ВОДИ В УДОСКОНАЛЕНОМУ ВІДСТІЙНИКУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КОАГУЛЯНТУ

V.Ye. Kolesnyk, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
D.V. KulikovaState Higher Educational Institution “National Mining Univer-  
sity”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: kuli-  
kova1979@rambler.ru

### MINE WATER TREATMENT EFFICIENCY RAISING IN THE IMPROVED SEDIMENTATION TANK THROUGH APPLICATION OF A COAGULANT

**Мета.** Підвищення ефективності очистки шахтної води від тонкодисперсних і колоїдних частинок у запропонованому авторами горизонтальному відстійнику вдосконаленої конструкції шляхом попередньої обробки освітлюваної води розчином коагулянту (сульфатом алюмінію).

**Методика.** Підвищення ефективності процесу механічної очистки шахтної води базується на визначенні тривалості процесу відстоювання води після її попередньої обробки сульфатом алюмінію та швидкості осідання завислих частинок у запропонованому горизонтальному відстійнику, а також встановленні зв'язку між цими параметрами й розрахованими технологічними показниками. Для цього проведено фізичне моделювання процесу випадіння завислих речовин, що засноване на подібності кривих осідання частинок зависі, побудованих за різної висоти рівня шахтної води в запропонованому відстійнику.

**Результати.** Проведено фізичне моделювання процесу осідання частинок завислих речовин шляхом відстоювання шахтної води, попередньо обробленої розчином сульфату алюмінію, у статичних умовах. Побудовано криві випадіння частинок зависі залежно від тривалості процесу відстоювання шахтної води після її обробки коагулянтом і швидкості осідання завислих частинок (тобто їх гідравлічної крупності) у відстійнику змінної глибини. Отримані залежності дозволяють визначити відносну кількість завислих частинок певної гідравлічної крупності, що випадають на різній глибині запропонованого відстійника протягом заданого проміжку часу після обробки шахтної води розчином коагулянту. Аналіз розрахункових технологічних параметрів запропонованого відстійника шахтної води, обробленої сульфатом алюмінію, показав, що очікувана ефективність її освітлення (очистки) від механічних домішок може бути доведена до 87%, що суттєво перевищує ефективність традиційних відстійників.

**Наукова новизна.** Встановлено залежності (у вигляді графіків та рівнянь регресії) між глибиною осідання частинок зависі різної гідравлічної крупності в запропонованому відстійнику вдосконаленої конструкції, його довжиною та ефективністю освітлення (очистки) шахтної води після її обробки розчином коагулянту – сульфатом алюмінію.

**Практична значимість.** Додаткове введення до освітлюваної воду розчину коагулянту, як відомо, порушує агрегативну й седиментаційну стійкість колоїдно-дисперсної системи, що сприяє укрупненню та осіданню тонкодисперсних і колоїдних фракцій, які містяться в шахтній воді. Як наслідок, підвищується ефективність очистки шахтної води у порівнянні з її простим (безреагентним) відстоюванням у запропонованому відстійнику.

**Ключові слова:** шахтна вода, механічна очистка, горизонтальний відстійник, ефективність очистки, коагуляція

**Вступ.** Шахтні води, що відкачуються на поверхню у процесі вуглевидобутку, містять значну кількість забруднюючих речовин, серед яких найбільш небезпечними є сполуки важких металів, оскільки вони мають токсичні властивості [1]. Характерною особливістю поведінки цих токсичних сполук у водній системі є яскраво виражена їх здат-

ність сорбуватися завислими речовинами шляхом адсорбції на поверхні гідроксидів металів (Fe, Al, Mn), що постійно присутні у складі суспензій, іонного обміну з глинистими мінералами, а також взаємодії з гумусовими і, можливо, з іншими високомолекулярними сполуками на поверхні завислих частинок, що сприяє їх накопиченню у випадуючому осаді.

Одним з методів зниження вмісту завислих у воді речовин, що широко застосовуються на практиці, є їх седиментація (осідання) у відстійних спорудах під дією сили тяжіння. Для інтенсифікації процесу гравітаційного осідання завислих частинок і підвищення ефективності освітлення (очистки) стічної (у тому числі й шахтної) води авторами запропонований оригінальний проточний відстійник удосконаленої конструкції. Споруда відрізняється від традиційних підвищеною ефективністю освітлення води та збільшеним коефіцієнтом об'ємного використання за рахунок усунення застійних зон, створення ламінарного режиму течії потоку води по всій площі змінного поперечного перетину відстійника – спочатку широкого, але неглибокого, а далі звуженого, проте більш глибокого.

Раніше авторами були вибрані та обґрунтовані найбільш важливі геометричні параметри запропонованого відстійника, необхідна кількість перфорованих перегородок і місць їх розміщення за довжиною відстійної споруди, з урахуванням реальних умов очистки води від завислих домішок при простому (безреагентному) відстоюванні у виробничих умовах, зокрема в умовах водовідливу діючої вугільної шахти [2]. Так, обрано кут нахилу днища корпусу відстійника  $\alpha \approx 30^\circ$ , що забезпечує ефективне сповзання осаду до випускного отвору та визначає кінцеву глибину відстійника. Кути звуження відстійника у плані склали  $\beta \approx 84^\circ$ , при цьому рекомендовано встановити п'ять перфорованих вертикальних поперечних перегородок, що визначають як інші геометричні параметри відстійника, зокрема довжину, ширину, коефіцієнт об'ємного використання, так і ефективність очистки води.

Запропонована конструкція відстійника дозволяє збільшити коефіцієнт використання його проточної частини до величини  $K_{set} = 0,774$ , що в 1,6 разів більше, у порівнянні з традиційними спорудами. При простому (безреагентному) відстоюванні шахтної води очікувана ефективність очистки води склала 80%. При цьому розрахункова швидкість випадіння завислих частинок (їх гідравлічна крупність), що осідають у найбільш глибокій частині відстійника, склала 0,146 мм/с, а самі частинки опиняться там на глибині  $h_{os} = 0,225$  м. Це дозволить достатньо просто скидати верхній шар освітленої води та підвищити екологічну безпеку скидів шахтної води.

Освітлення води безреагентними методами відстоювання застосовують у тих випадках, коли вода забруднена, переважно, грубодисперсними домішками, що мають помітний гравітаційний ефект. Однак домішки, що зумовлюють мутність і колір шахтної води, відрізняються малими розмірами, унаслідок чого їх осідання відбувається вкрай повільно, оскільки сили дифузії превалюють над силами тяжіння. Наявність домішок колоїдного характеру ще більше ускладнює процес седиментації. Так, колоїдні частинки й тонкодисперсні речо-

вини, що містяться в шахтній воді, як правило, заряджені однаково – негативно, тому взаємно відштовхуються одна від одної, отже тримаються в завислому стані. Для освітлення води, що містить колоїдно-дисперсні речовини, необхідно попередньо укрупнити частинки, що досягається їх коагуляцією за рахунок додавання до води спеціальних реагентів. Так, унаслідок введення коагулянту порушується агрегативна й седиментаційна стійкість колоїдно-дисперсної системи. Це сприяє утворенню грубодисперсних конгломератів, що здатні під дією власної сили тяжіння швидко випадати в осад.

**Постановка завдання.** Як уже було сказано, застосування спеціальних коагулянтів дозволяє інтенсифікувати процес осідання тонкодисперсних і колоїдних частинок, отже підвищити ефективність освітлення (очистки) шахтної води. Тому авторами ставилося завдання додатково підвищити ефективність освітлення шахтної води в запропонованому горизонтальному відстійнику вдосконаленої конструкції шляхом попередньої її обробки розчином коагулянту, зокрема сульфатом алюмінію.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження проводилися з урахуванням очистки води від завислих домішок з використанням запропонованого авторами горизонтального відстійника вдосконаленої конструкції в реальних умовах водовідливу діючого вугледобувного підприємства (на прикладі шахти „Степова“ ПАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“). Вибрано, обґрунтовано та рекомендовано основні геометричні параметри запропонованого відстійника. Так, при початковій його ширині  $B_0 = 10$  м, базовій для проектування, найбільш раціональним слід вважати кут нахилу його днища, що дорівнює  $\alpha \approx 30^\circ$ , а кути звуження у плані –  $\beta \approx 84^\circ$ . При загальній довжині відстійника  $L = 20$  м, указані величини визначають його кінцеву ширину  $B_k = 6$  м і найбільшу глибину  $H_k = 11,5$  м.

Для створення стабільної гідродинамічної структури потоку у відстійнику, зниження впливу його мутної придонної течії й ліквідації великомасштабних завихрень у верхній частині потоку за перетином відстійника запропоновано встановити п'ять перфорованих вертикальних поперечних перегородок. При цьому перегородки на вході й виході з відстійника (першу й останню) встановлюють на відстані 4 м від торцевих стінок, а наступні розташовують у проміжку між ними на рівній відстані одна від одної ( $L_i = 3$  м).

Рекомендовано встановлювати металеві перфоровані перегородки з отворами круглої форми, що розташовані рівномірно по всьому їх робочому перетину, а їх сукупність утворює правильні шестикутники. Діаметр отворів становить  $d = 9$  см (90 мм). При цьому коефіцієнт пропуску води через перетини перегородок у розрахунку на  $1 \text{ м}^2$  їх площі становить  $k = 0,706$ .

Подальші дослідження проводилися з урахуванням притоку шахтної води –  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), що відкачується

ся системою водовідливу на поверхню шахти „Степова“ ПАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“, та складає 708,8 тис. м<sup>3</sup>/рік (0,0225 м<sup>3</sup>/с) [3].

Як коагулянт для обробки шахтної води вибрано широко розповсюджений сульфат алюмінію  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , що при розчиненні у воді піддається гідролізу. Утворений гідроксид алюмінію  $Al_2(OH)_3$  є колоїдною, малорозчинною речовиною, що в нейтральному або слабкокислому середовищі набуває позитивний заряд у результаті адсорбції іонів водню й алюмінію. Завдяки протилежним знакам зарядів гідроксидів і домішок, що містяться в шахтній воді, сили відштовхування слабшають, а потім повністю зникають, що призводить до взаємного злипання завислих і колоїдних частинок води, яка освітлюється, з колоїдними частинками гідроксидів і збільшенню швидкості гравітаційного осідання утворених конгломератів.

Головним параметром указанного процесу є доза коагулянту. Істотне значення мають також кількість завислих речовин, що містяться в шахтній воді, та ступінь їх дисперсності (зі зменшенням розміру частинок – збільшується питома витрата реагенту). Доза коагулянту повинна бути такою, щоб за певних умов було забезпечено утворення відносно великих конгломератів (пластівців). Необхідні дози коагулянту повинні призначатися у відповідності до даних аналізу води лабораторним шляхом. Промислові дослідження реагентної обробки шахтної води в різних вугільних басейнах показали, що, для орієнтовних розрахунків, дозу безводного сірчаноокислого алюмінію можна приймати згідно з [4] у залежності від показника мутності вихідної води. Так, для шахтної води із вмістом завислих речовин 200 мг/дм<sup>3</sup> доза коагулянту становить 35–40 мг/дм<sup>3</sup>.

Вихідними даними для проектування відстійників служать динамічні криві осідання завислих речовин. Фактично – це залежності між тривалістю відстоювання та кількістю частинок зависі, що випали в осад за цей час.

Визначення часу осідання частинок проводять експериментально, шляхом відстоювання шахтної води у статичних умовах. Для цього шахтну воду, що містить завислі речовини в кількості 200 мг/дм<sup>3</sup>, наливають у лабораторні мірні циліндри. Після додавання розчину коагулянту (сульфату алюмінію), у кількості 35 мг/дм<sup>3</sup>, вода перемішується шляхом десятикратного перекидання закритих пробкою циліндрів. Через певні проміжки часу (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 і 120 хв.) із циліндрів з глибини, що на 5 см перевищує верхню видиму границю осаду, відбирають пробу води, в якій визначають залишкову концентрація завислих речовин.

Результати експерименту з визначення кількості завислих речовин  $P$  (%), що випадають на дно циліндра, залежно від зміни тривалості процесу відстоювання  $t$  (хв.) шахтної води, обробленої сульфатом алюмінію, представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність ефекту освітлення шахтної води, обробленої коагулянтном, від тривалості процесу відстоювання в циліндрі-седиментаторі

$P, \%$	24	40	50	60	66	70	73	74
$t, \text{хв.}$	15	30	45	60	75	90	105	120

Оскільки висота циліндра-седиментатора  $h$ , як правило, відрізняється від дійсної висоти відстоювання у відстійнику  $H_i$ , для приведення отриманих результатів до натурних умов, слід проводити перерахунок за формулою

$$\frac{t}{T_i} = \left( \frac{h}{H_i} \right)^n, \quad (1)$$

де  $h$  і  $H_i$  – відповідно, висота циліндра-седиментатора й змінна глибина реального відстійника, м;  $t$  і  $T_i$  – відповідно, тривалість відстоювання в циліндрі й відстійнику змінної глибини, хв.;  $n$  – показник, що характеризує здатність частинок до агрегації при відстоюванні у спокої (для шахтної води  $n = 0,35$  [5]).

Маючи результати експериментальних даних кінетики випадіння завислих частинок в осад у залежності від зміни тривалості процесу відстоювання (табл. 1), можна перейти до розрахунку швидкості осідання (гідралічної крупності) частинок зависі у стаціонарних умовах при висоті рівня води, що дорівнює робочим глибинам  $H_i$  (м) перегородок запропонованого відстійника. Для цього визначаємо тривалість –  $T_i$ , (хв.) відстоювання шахтної води, обробленої коагулянтном, у відстійнику при досягненні однакового (постійного) ефекту її освітлення (очистки) й змінної висоти рівня води, використовуючи формулу

$$T_i = t \cdot \left( \frac{H_i}{h} \right)^n. \quad (2)$$

За обчисленими значеннями  $T_i$  й, відповідною цьому часу, кількістю –  $P$  частинок зависі, що випали в осад, будують криві випадіння завислих речовин на глибинах, що відповідають робочим висотам перегородок відстійника при обробці шахтної води коагулянтном (рис. 1, а, криві 2-9), де крива 1 характеризує тривалість відстоювання частинок завислих у воді речовин у стаціонарних умовах при висоті лабораторного циліндра-седиментатора  $h = 0,54$  м.

Далі, за допомогою отриманих кривих випадіння завислих речовин в осад, визначаємо розрахункову швидкість осідання частинок зависі, тобто їх гідралічну крупність, за якої забезпечується заданий ефект освітлення води, обробленої коагулянтном, за формулою

$$U_0 = \frac{H_i}{T_i} \quad (3)$$

Розраховані значення  $U_0$ , мм/с, характеризують режим осідання зависі, тобто освітлення води у відстійнику натуральних розмірів. На рис. 1, б наведено залежності ефекту освітлення шахтної води  $P$ , обробленої сульфатом алюмінію, від цього параметра  $U_0$ .

Крім того, на підставі отриманих експериментальних даних можна побудувати залежності величин гідравлічної крупності частинок зависі від висоти рівня шахтної води, обробленої коагулянтном, при заданому ефекті її освітлення (рис. 2).

Отримані на рис. 1–2 залежності дозволяють визначати відносну (процентну) кількість завислих частинок певної гідравлічної крупності, що випадають на різній глибині запропонованого відстійника, протягом певного заданого проміжку часу при обробці шахтної води коагулянтном.

Для визначення очікуваної ефективності освітлення (очистки) шахтної води, попередньо обробленої розчином сульфату алюмінію, знайдемо відстані  $l$ , на яких частинки завислих речовин різної гідравлічної крупності випадають на дно запропонованого відстійника. Зазначені відстані визначаємо, задаючи ефект очистки –  $P$ , %, (шляхом зміни величини гідравлічної крупності частинок зависі –  $U_0$ ) і висоту перегородок  $H_i$  (м) для  $k = 0,706$ , що відповідає діаметру отворів перегородок  $d = 9$  см. Розрахунок виконуємо за раніше отриманою формулою

$$l = \frac{b_i}{4 \cdot \text{ctg} \beta} - \sqrt{\left(\frac{b_i}{4 \cdot \text{ctg} \beta}\right)^2 - \frac{Q}{2 \cdot k \cdot U_0 \cdot \text{ctg} \beta}} \quad (4)$$

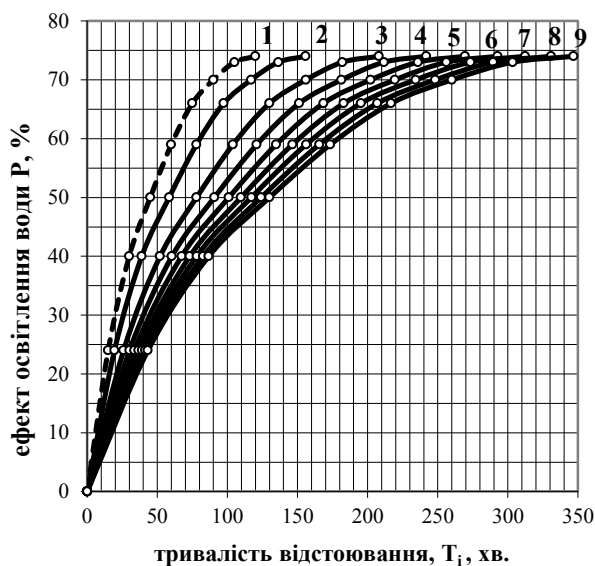
де  $b_i$  – ширина перегородок відстійника, м.

Результати обчислень доцільно представити у вигляді графічних залежностей глибини осідання частинок різної гідравлічної крупності від відстані, на якій вони випадають на дно відстійника при заданому ефекті очистки шахтної води, обробленої коагулянтном, й певній висоті перегородок. Зазначені залежності представлені на рис. 3, а. За цими графіками можна визначити глибину –  $h_{os}$ , м, осідання частинок різної гідравлічної крупності в області випуску освітленої води. Зазначена глибина –  $h_{os}$  (м), при заданій ефективності очистки –  $P$  (%) шахтної води, обробленої коагулянтном, при прийнятій довжині відстійника ( $L = 20$  м), представлена в табл. 2 і на рис. 3, б. За допомогою цієї залежності можна визначити очікуваний ефект освітлення (очистки) шахтної води, обробленої сульфатом алюмінію, а потім і гідравлічну крупність частинок, що осідають із заданою ефективністю.

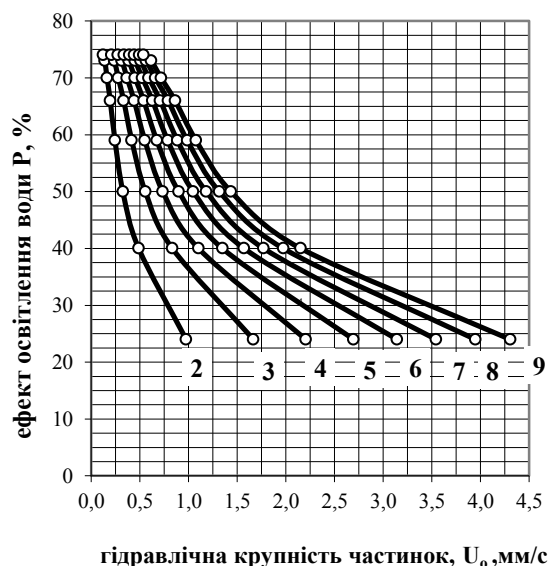
Таблиця 2

Глибина осідання частинок зависі різної гідравлічної крупності при заданому ефекті очистки шахтної води, обробленої коагулянтном, й довжині запропонованого відстійника

$P$ , %	24	40	50	59	66
$h_{os}$ , м	10,46	9,65	8,67	7,5	5,71



а



б

Рис. 1. Залежність зміни ефекту освітлення води, обробленої коагулянтном: а) – від тривалості процесу відстоювання; б) – від швидкості осідання частинок зависі у відстійнику змінної глибини при: 1)  $h=0,54$  м; 2)  $H=1,14$  м; 3)  $H=2,6$  м; 4)  $H=4$  м; 5)  $H=5,45$  м; 6)  $H=6,9$  м; 7)  $H=8,3$  м; 8)  $H=9,8$  м; 9)  $H=11,2$  м

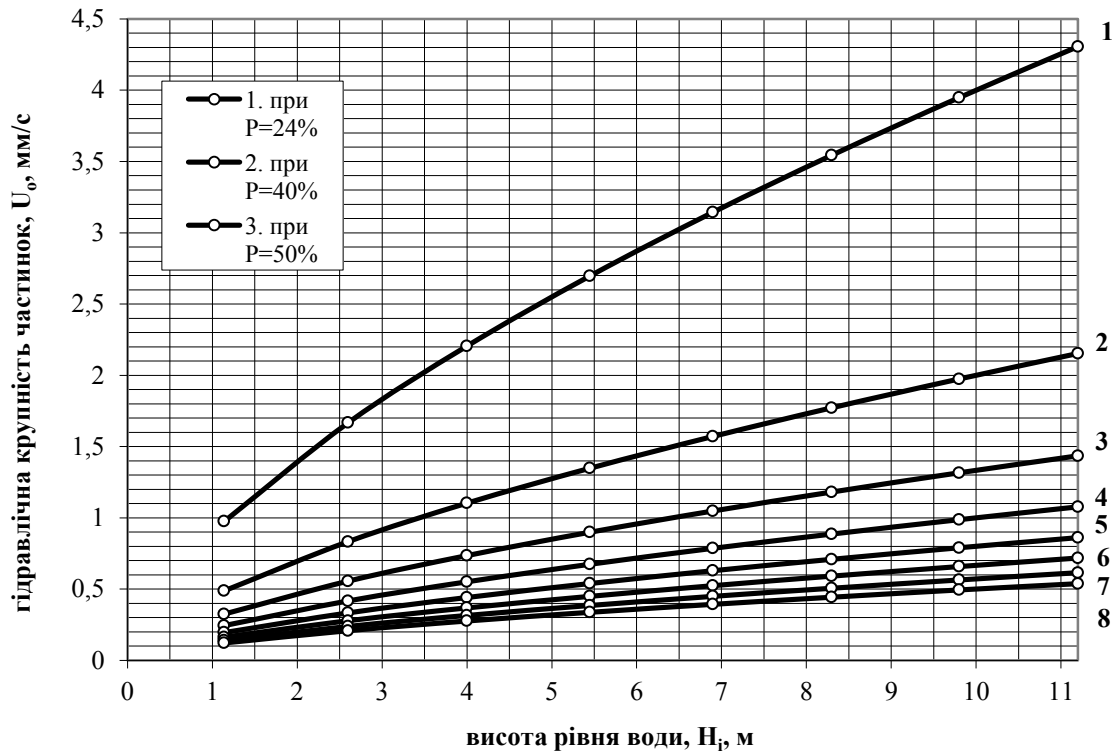


Рис. 2. Графіки зміни величин гідралічної крупності частинок за висі від висоти рівня води, попередньо обробленої коагулянтном, при заданому ефекті її очищення

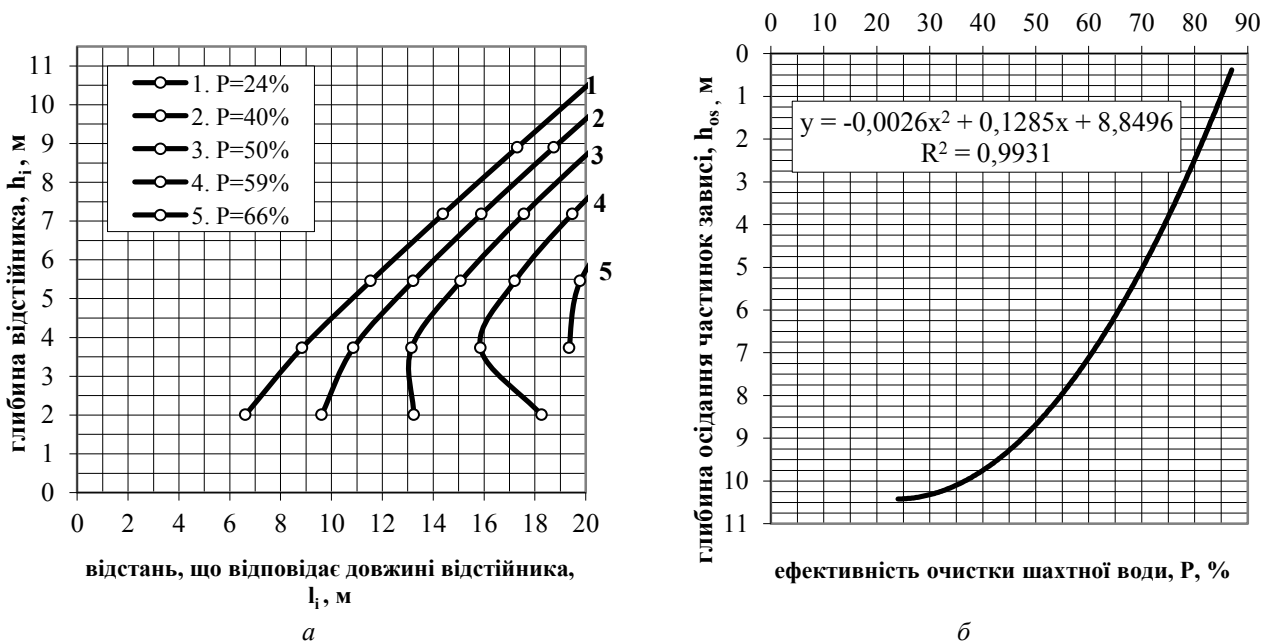


Рис. 3. Залежності зміни глибини осідання частинок за висі різної гідралічної крупності: а) – від відстані ( $l$ ) при заданому ефекті очищення й висоті рівня води, обробленої коагулянтном; б) – від величини ефекту очищення шахтної води ( $P$ ), обробленої коагулянтном, при заданій довжині відстійника

Отриману на рис. 3, б залежність при заданій довжині запропонованого відстійника зручно представити математичною моделлю у вигляді поліному другого порядку

$$y = -0,0026 \cdot x^2 + 0,1285 \cdot x + 8,8496. \quad (5)$$

Тут  $u$  – глибина осідання частинок зависі  $h_{os}$ , м, а  $x$  – ефективність освітлення (очистки) шахтної води  $P$ , %, обробленої сульфатом алюмінію. При цьому достовірність апроксимації становить  $R^2 = 0,9931$ .

Наведена залежність прогнозує очікуваний ефект очистки шахтної води, обробленої коагулянтном, величина якого складає 87 %.

Гідравлічна крупність частинок зависі  $U_0$ , що осідають у випускній частині запропонованого відстійника, кінцева глибина якого складає  $H_k = 11,2$  м, визначається на підставі залежностей, представлених на рис. 1,  $b$  і складає 0,351 мм/с. При цьому орієнтовна глибина осідання пластівців, що сформувалися при обробці шахтної води сульфатом алюмінію, складе  $h_{os} = 0,35$  м, що відповідає очікуваному ефекту очистки  $P = 87\%$ .

**Висновок.** Запропонована конструкція проточного відстійника дозволяє додатково підвищити ефективність очищення шахтної води від механічних домішок до 87% шляхом попередньої обробки води коагулянтном (сульфатом алюмінію) у кількості 35–40 мг/дм<sup>3</sup>. При рекомендованих геометричних параметрах відстійника найбільш дрібні завислі частинки, що продовжують осідати в його найбільш глибокій випускній частині, виявляться на глибині близько 0,35 м. Це дозволить безперешкодно відводити верхній шар освітленої води у злив і таким шляхом підвищити екологічну безпеку скидання шахтної води.

#### Список літератури / References

1. Павличенко А.В. Геохимическая оценка роли пород зоны аэрации в процессе загрязнения подземных вод тяжелыми металлами / А.В. Павличенко, А.А. Кроик // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 5. – С. 93–99.

Pavlichenko, A.V. and Kroik, A.A. (2013), “Geochemical assessment of the role of aeration zone rocks in pollution of ground waters by heavy metals”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no 5, pp. 93–99.

2. Колесник В.Е. Обоснование количества перфорированных перегородок и области их размещения в усовершенствованном отстойнике шахтной воды / В.Е. Колесник, Д.В. Куликова // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 4. – С. 92–98.

Kolesnyk, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2013), “Justification of quantity perforated partitions and intervals their placement in improved sedimentation tank of mine water”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no 4, pp. 92–98.

3. Пономаренко П.И. Шахтные воды Донбасса, их охрана и использование. / Пономаренко П.И., Моссур П.М., Гринцова Е.А. – Днепропетровск: Наука и образование, 1998. – 50 с.

Ponomarenko, P.I., Mossur, P.M. and Hrintsova, Ye.A. (1998), *Shakhtnye vody Donbassa, ikh okhrana i ispolzovanie* [Mine Water of Donbass, Its Protection and Use], Nauka i obrazovanie, Dnipropetrovsk, Ukraine.

4. СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1984. – 136 с.

SNiP 2.04.02-84\* (1984), *Vodosnabzheniye. Naruzhnyye seti i sooruzheniya* [Water Supply. External Networks and Facilities], Stroyizdat, Moscow, Russia.

5. 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.

**Цель.** Повышение эффективности очистки шахтной воды от тонкодисперсных и коллоидных частиц в предложенном авторами горизонтальном отстойнике усовершенствованной конструкции путем предварительной обработки осветляемой воды раствором коагулянта (сульфатом алюминия).

**Методика.** Повышение эффективности процесса механической очистки шахтной воды основывается на определении продолжительности процесса отстаивания воды после ее предварительной обработки сульфатом алюминия и скорости оседания взвешенных частиц в предложенном горизонтальном отстойнике, а также установлении зависимости между этими параметрами и расчетными технологическими показателями. Для этого проведено физическое моделирование процесса выпадения взвешенных веществ, которое основано на подобию кривых оседания частиц взвеси, построенных при разной высоте уровня шахтной воды в предложенном отстойнике.

**Результаты.** Проведено физическое моделирование процесса оседания частиц взвешенных веществ путем отстаивания шахтной воды, предварительно обработанной раствором сульфата алюминия, в статических условиях. Построены кривые выпадения частиц взвеси в зависимости от продолжительности процесса отстаивания шахтной воды после ее обработки коагулянтном и скорости оседания взвешенных частичек (то есть их гидравлической крупности) в отстойнике переменной глубины. Полученные зависимости позволяют установить относительное количество взвешенных частиц определенной гидравлической крупности, выпадающих на разной глубине предложенного отстойника в течение заданного промежутка времени после обработки шахтной воды раствором коагулянта. Анализ расчетных технологических параметров предложенного отстойника шахтной воды, обработанной сульфатом алюминия, показал, что ожидаемая эффективность ее осветления (очистки) от механических примесей может быть доведена до 87%, что существенно превышает эффективность традиционных отстойников.

**Научная новизна.** Установлены зависимости (в виде графиков и уравнений регрессии) между глуби-

ной оседания частиц взвеси разной гидравлической крупности в предложенном отстойнике усовершенствованной конструкции, его длиной и эффективностью осветления (очистки) шахтной воды после ее обработки раствором коагулянта – сульфатом алюминия.

**Практическая значимость.** Дополнительное введение в осветляемую воду раствора коагулянта, как известно, нарушает агрегативную и седиментационную устойчивость коллоидно-дисперсной системы, что способствует укрупнению и оседанию тонкодисперсных и коллоидных фракций, содержащихся в шахтной воде. Как следствие, повышается эффективность очистки шахтной воды по сравнению с ее простым (безреагентным) отстаиванием в предложенном отстойнике.

**Ключевые слова:** шахтная вода, механическая очистка, горизонтальный отстойник, эффективность очистки, коагуляция

**Purpose.** To raise the efficiency of mine water treatment to remove finely dispersed and colloidal particles in the proposed horizontal sedimentation tank of improved construction by pre-treatment of the water with a coagulant solution (aluminum sulfate).

**Methodology.** The mine water mechanical treatment efficiency improvement is based on the determination of the duration of the process of upholding water after its pre-treatment by the aluminum sulfate and settling rate of suspended particles in the proposed horizontal sedimentation tank; as well as establishing the relationship between these parameters and calculated technological parameters. Accomplish this we have conducted the physical modeling of the process of sedimentation of suspended solids in mine water that has been pretreated by a coagulant solution. It was based on the similarity of the suspended particles sedimentation curves constructed with different height of levels of mine water in the proposed settler.

**Findings.** The physical modeling of the suspended solids sedimentation process by settling of the mine wa-

ter pretreated with a solution of aluminum sulfate, in static conditions has been conducted. We have drew up the curves of the suspended particles sedimentation depending on the duration of the process the mine water settling after its pretreatment with the coagulant solution and deposition rate of suspended particles (their hydraulic size) in the settler of variable depth. The obtained dependencies allow us to determine the relative quantity of suspended particles of a specific hydraulic size, and their sedimentation at different depths of the proposed settler during the time necessary after mine water pretreating by the coagulant solution. The analysis of the calculated technological parameters of the proposed sedimentation tank with the mine water pretreated by aluminum sulfate showed that the expected effectiveness of mine water treatment from mechanical admixtures can be increased to 87% that significantly exceeds the effectiveness of traditional sedimentation tanks.

**Originality.** The dependencies (in the form of graphs and equations of regression) between the depth of settling of suspended particles of different hydraulic size in the proposed horizontal sedimentation tank of improved construction, its length, and the efficiency of mine water treatment after its pre-treatment by aluminum sulfate has been established.

**Practical value.** Injection of the coagulant solution into mine water violates the aggregative and sedimentation stability of colloidal disperse system and promotes aggregation and deposition of finely dispersed and colloidal fractions containing in the mine water. This makes mine water treatment more efficient as compared to the simple (non-reagent) upholding in the proposed sedimentation tank.

**Keywords:** mine water, mechanical treatment, horizontal sedimentation tank, efficiency of waste water treatment, coagulation

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Голінком. Дата надходження рукопису 27.06.13.*