

УДК 628.334.51:622

В.Е. Колесник, д-р техн. наук, проф.,
Д.В. Куликова

Государственное высшее учебное заведение „Националь-
ный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,
e-mail: kulikova1979@rambler.ru

ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЕРЕГОРОДОК И ОБЛАСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОМ ОТСТОЙНИКЕ ШАХТНОЙ ВОДЫ

V.Ye. Kolesnik, Dr. Sci. (Tech.), Professor
D.V. Kulikova

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

JUSTIFICATION OF QUANTITY OF PERFORATED PARTITIONS AND INTERVALS OF THEIR PLACEMENT IN IMPROVED SEDIMENTATION TANK FOR MINE WATER

Цель. Обоснование необходимого количества перфорированных перегородок и интервалов их размещения по длине предлагаемого отстойника усовершенствованной конструкции.

Методика. Методической основой обоснования количества перегородок и области их размещения в отстойнике является определение геометрических и гидравлических параметров предложенного отстойного сооружения, а также установление связи между этими параметрами и рассчитанными технологическими показателями. Для этого проанализировано пять вариантов размещения перфорированных перегородок по сечению отстойника при разном их количестве и различных расстояниях их размещения, а затем выбран наиболее приемлемый по эффективности очистки вариант.

Результаты. Выполнен сравнительный анализ влияния количества перегородок на гидравлический режим течения очищаемой воды и оседание взвешенных частиц применительно к условиям водоотлива действующей угольной шахты. На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности установки в отстойнике предложенной конструкции четырех или пяти перегородок, что обеспечивает наибольший эффект очистки воды от взвешенных частиц. При этом перегородки на входе и выходе из отстойника (первую и последнюю) устанавливают на расстоянии 4 м от торцевых стенок. Последующие перегородки располагают на равном расстоянии друг от друга.

Научная новизна. Обосновано необходимое и достаточное количество перфорированных перегородок, устанавливаемых вертикально в выбранных сечениях усовершенствованного отстойника, обеспечивающее наибольшую эффективность осветления шахтной воды.

Практическая значимость. Вследствие установки наиболее оптимального количества перегородок по длине отстойника повышается эффективность очистки шахтной воды путем обеспечения ламинарного режима ее течения и интенсификации процесса гравитационного осаждения взвешенных частиц.

Ключевые слова: шахтные воды, механическая очистка, горизонтальный отстойник, эффективность очистки

Введение. Наиболее распространенным методом очистки промышленных сточных вод от взвешенных веществ является их механическая очистка, преимущественно отстаиванием, т.е. путем гравитационного осаждения взвешенных грубодисперсных примесей на дно отстойных сооружений. Поскольку эффективность очистки существующих горизонтальных отстойников невысокая, авторами предложена оригинальная конструкция проточного отстойника, который сужается в плане в направлении слива, одновременно углубляясь за счет наклонного днища, что при обеспечении ламинарного течения повышает эффективность очистки сточной воды [1].

Авторами установлена связь между его основными конструктивными параметрами и технологическими показателями (коэффициентом использования объема проточной части – K_{set} , временем пребывания осветля-

емой жидкости – t_2 и эффективностью очистки воды от взвешенных частиц – P) [2]. Полученные зависимости позволили обосновать основные геометрические размеры отстойника с учетом реальных условий очистки воды от взвешенных примесей в производственных условиях, в частности, в условиях водоотлива угольной шахты. Так, при начальной ширине отстойного сооружения $B_0=10$ м, базовой для проектирования, наиболее рациональным следует считать угол наклона его днища, равный $\alpha \approx 30^\circ$, а углы сужения в плане $\beta \approx 84^\circ$. При общей длине отстойника $L_{общ}=20$ м, указанные значения определяют его конечную ширину $B_k=6$ м и наибольшую глубину $H_k=11,5$ м.

Ожидаемый эффект осветления (очистки) шахтной воды в предложенном отстойнике почти удваивается, в сравнении с существующими отстойными сооружениями, и составит, примерно, 78%.

Гидравлическая крупность частиц, оседающих в наиболее глубокой части отстойника, составит около

0,165 мм/с, причем такие частицы окажутся на глубине $h_f=0,32$ м.

Коэффициент использования проточной части отстойного сооружения оценивается величиной $K_{set}=0,944$, что в 1,9 раза выше, чем у традиционных горизонтальных отстойников.

Постановка задачи. Для обеспечения ламинарного течения в предлагаемом отстойнике рекомендовано устанавливать по его длине поперечные перфорированные перегородки с круглыми отверстиями диаметром $d=9$ см. Не выясненным остался вопрос количества перегородок и мест их размещения. Поэтому авторами ставилась задача обосновать необходимое число перегородок и интервалы их размещения по длине отстойника.

Изложение основного материала. Необходимым условием стабильности качества осветленной в отстойнике воды является наличие ламинарного режима ее течения. При этом важно сохранение устойчивости такого режима, поскольку турбулентность увеличивает транспортирующую способность взвеси в потоке и эффективность осветления воды снижается.

Улучшить условия процесса отстаивания взвеси, при наличии в потоке открытой поверхности, можно путем создания стабильной гидродинамической структуры потока, снижения интенсивности высокомутных придонных течений и ликвидации возникновения крупномасштабных завихрений в верхней части потока. Этого можно достичь путем размещения в разных сечениях отстойника промежуточных вертикальных перфорированных перегородок, которые разделяют поток очищаемой жидкости на множество отдельных струй или слоев.

Основным назначением перегородок является не задержание примесей, а выравнивание профиля горизонтальной скорости движения очищаемой воды по глубине при постепенном ее снижении по длине отстойника. Это существенным образом улучшает гидравлический режим работы отстойного сооружения, а, следовательно, повышает эффективность очистки (осветления) сточной воды.

Вследствие установки указанных перфорированных перегородок, его строительный объем будет использоваться полнее, потому фактическая продолжи-

тельность отстаивания сточной воды и скорость потока приблизятся к расчетным значениям. Кроме того, перегородки, перекрывающие все поперечное сечение отстойника, способствуют гашению энергии донных и поверхностных течений, выравниванию профиля скоростей во всех сечениях сооружения, а также ведут к увеличению коэффициента его объемного использования и повышению интенсивности оседания частиц, находящихся в сточной воде.

Уместно напомнить, что в известных конструкциях отстойных сооружений перфорированные перегородки устанавливают лишь на входе в отстойник для равномерного распределения потока воды по площади поперечного сечения и на выходе из отстойника для равномерного отбора осветленной жидкости.

На структуру потока существенное влияние оказывает и форма отверстий. В частности, в отстойниках могут быть установлены распределительные перегородки двух типов: дырчатые и щелевые, причем форма щелей может быть горизонтальной и вертикальной. Как показывает практика, коэффициент использования объема горизонтальных отстойников с дырчатыми перегородками значительно выше, по сравнению с остальными типами. Диаметр отверстий обычно выбирают в пределах 30–100 мм [3].

В анализируемом отстойнике в качестве перегородок целесообразно использовать металлические листы с отверстиями круглой формы, расположенными равномерно по всему их рабочему сечению (их совокупность образует правильные шестиугольники). Рекомендуемый их диаметр составляет $d=9$ см (90 мм) [2]. Число перегородок предлагается выбирать таким, чтобы расстояние между ними было не больше их ширины. При этом число устанавливаемых перегородок может существенно меняться, поскольку предложенный авторами отстойник сужается в плане. Поэтому следует проанализировать возможные варианты, принимая во внимание и то, что высота перегородок тоже должна увеличиваться по ходу тока очищаемой воды.

Варианты размещения перфорированных перегородок по сечению отстойника при разном их количестве и различных расстояниях их размещения – L_i , представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты размещения перфорированных перегородок по сечению отстойника (при заданной общей длине отстойника $L_{общ} = 20$ м)

Варианты, отличающиеся числом перегородок	Расстояние L_i , м, от места впуска сточной воды до i -той перегородки отстойника, согласно вариантам						
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
I вариант (установлено 3 перегородки)	4	10	16	-	-	-	-
II вариант (установлено 4 перегородки)	4	8	12	16	-	-	-
III вариант (установлено 5 перегородок)	4	7	10	13	16	-	-
IV вариант (установлено 6 перегородок)	2,5	5,5	8,5	11,5	14,5	17,5	-
V вариант (установлено 7 перегородок)	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5

Поскольку отстойник сужается и одновременно углубляется, возникает необходимость расчета геометрических параметров каждой перегородки.

Высоту отстойника в сечении размещения i -той перегородки (h_i^o , м) определяем по формуле

$$tg\alpha = h_i^o / L_i,$$

где L_i – расстояние от места впуска сточной воды до i -той перегородки, м.

Рабочую, т. е. фактическую высоту i -той перегородки (h_i^p , м) рассчитываем без учета высоты борта отстойника, которая, согласно рекомендациям [3], должна составлять 0,3 м, тогда $h_i^p = h_i^o - 0,3$.

Ширину i -той перегородки (b_i , м) определяем по формуле

$$b_i = 2 \cdot \left(\frac{L_i}{tg\beta} \right) + B_k,$$

где в этом случае L_i – расстояние от i -той перегородки до крайней торцевой стенки отстойника, м.

Рабочую площадь (S_i^p , м²) i -той перегородки определяем по формуле

$$S_i^p = b_i \cdot h_i^p.$$

Результаты расчета размеров каждой перегородки для предлагаемых вариантов сведены в табл. 2. Причем в последней колонке приведены для сопоставления геометрические параметры крайней торцевой стенки.

Таблица 2

Геометрические размеры перегородок для предлагаемых вариантов отстойника

Параметры	Значения геометрических размеров перегородок, согласно вариантам							
	1	2	3	4	5	6	7	торцевая стенка
для I варианта (установлено 3 перегородки)								
Общая высота h_i^o , м	2,3	5,75	9,20	-	-	-	-	11,5
Рабочая высота h_i^p , м	2,0	5,45	8,90	-	-	-	-	11,2
Ширина b_i , м	9,2	8,00	6,80	-	-	-	-	6,0
Рабочая площадь S_i^p , м ²	18,4	43,60	60,52	-	-	-	-	67,2
для II варианта (установлено 4 перегородки)								
Общая высота h_i^o , м	2,3	4,60	6,90	9,20	-	-	-	11,5
Рабочая высота h_i^p , м	2,0	4,30	6,60	8,90	-	-	-	11,2
Ширина b_i , м	9,2	8,40	7,60	6,80	-	-	-	6,0
Рабочая площадь S_i^p , м ²	18,4	36,12	50,16	60,52	-	-	-	67,2
для III варианта (установлено 5 перегородок)								
Общая высота h_i^o , м	2,3	4,030	5,75	7,480	9,20	-	-	11,5
Рабочая высота h_i^p , м	2,0	3,730	5,45	7,180	8,90	-	-	11,2
Ширина b_i , м	9,2	8,600	8,00	7,400	6,80	-	-	6,0
Рабочая площадь S_i^p , м ²	18,4	32,078	43,60	53,132	60,52	-	-	67,2
для IV варианта (установлено 6 перегородок)								
Общая высота h_i^o , м	1,44	3,160	4,890	6,610	8,340	10,1	-	11,5
Рабочая высота h_i^p , м	1,14	2,860	4,590	6,310	8,040	9,8	-	11,2
Ширина b_i , м	9,50	8,900	8,300	7,700	7,100	6,5	-	6,0
Рабочая площадь S_i^p , м ²	10,83	25,454	38,097	48,587	57,084	63,7	-	67,2
для V варианта (установлено 7 перегородок)								
Общая высота h_i^o , м	1,44	2,9	4,3	5,75	7,20	8,6	10,1	11,5
Рабочая высота h_i^p , м	1,14	2,6	4,0	5,45	6,90	8,3	9,8	11,2
Ширина b_i , м	9,50	9,0	8,5	8,00	7,50	7,0	6,5	6,0
Рабочая площадь S_i^p , м ²	10,83	23,4	34	43,60	51,75	58,1	63,7	67,2

Выполненный расчет показывает, что, начиная от впуска сточной воды (перед 1-ой перегородкой) до впуска осветленной жидкости в области крайней торцевой стенки, поддерживается постепенное увеличение рабочей площади перегородок, что обеспечивает соответствующее снижение скорости потока в каждом последующем сечении. Это, с учетом соответствующим образом подобранных отверстий в перегородках, обеспечивает течение очищаемой воды, близкое к ламинарному режиму, а, следовательно, более интенсивное гравитационное осаждение частиц взвеси.

Поскольку гидравлический режим каждой последующей перегородки отличается от режима предыдущей, определим гидравлические параметры перегородок и отстойника в целом, применительно к условиям водоотлива действующей шахты.

Расчет гидравлических параметров перегородок необходимо начинать с определения суммарной площади отверстий (F_i , м²) i -той перегородки, через которые очищаемая вода движется вдоль отстойного сооружения. Эту площадь рассчитываем по формуле

$$F_i = S_i^p \cdot k,$$

где k – коэффициент пропускания воды через сечения перегородок в расчете на 1 м² их рабочей площади при заданном диаметре отверстий d [4]. В анализиру-

емом случае, выбранному диаметру отверстий в перегородках $d=9$ см соответствует значение $k=0,706$.

Величина шахтного водоотлива является следующим показателем, на основании которого проводится дальнейший расчет гидравлических параметров предлагаемых вариантов отстойника. Количество шахтной воды (Q , м³/с), извлекаемой, например, из шахты „Степная“ ПАТ „ДТЭК Павлоградуголь“, составляет 708,8 тыс. м³/год (0,0225 м³/с) [5].

По значению Q и расчетной суммарной площади отверстий – F_i , определяем величину расхода очищаемой воды (q_i) в расчете на 1 м² рабочей площади перегородки по формуле

$$q_i = \frac{Q}{S_i^p \cdot k} = \frac{Q}{F_i}.$$

На следующем этапе определяем значения чисел Рейнольдса (Re) для отверстий перегородок, обеспечивающих ламинарный режим течения очищаемой воды с учетом величин ее расхода – q_i , которые определяют скорость истечения жидкости через отверстия каждой последующей перегородки. Для расчетов воспользуемся номограммами изменения чисел Re , приведенными в [4]. При этом границей ламинарного режима течения воды является условие $Re_{кр} \leq 500$ [6]. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения чисел Рейнольдса для отверстий перегородок, располагаемых в различных сечениях отстойника, согласно вариантам

Варианты размещения перегородок в отстойнике	Значения чисел Рейнольдса для отверстий перегородок, согласно вариантам						
	1	2	3	4	5	6	7
I вариант (установлено 3 перегородки)	219	92	66	-	-	-	-
II вариант (установлено 4 перегородки)	219	111	80	66	-	-	-
III вариант (установлено 5 перегородок)	219	125	92	76	66	-	-
IV вариант (установлено 6 перегородок)	371	158	106	83	70	63	-
V вариант (установлено 7 перегородок)	371	172	118	92	78	69	63

Как и следовало ожидать, из-за увеличения площади каждой последующей перегородки, скорость потока уменьшается, поэтому при одинаковом размере отверстий число Re тоже уменьшается. Причем для расхода воды, приходящегося на 1 м² рабочей площади перегородок, условию $Re_{кр} \leq 500$ отвечают все предлагаемые варианты отстойника с рекомендованным диаметром отверстий в них $d = 9$ см. Это означает, что режим течения потока осветляемой жидкости, проходящей по сечению каждой перегородки отстойного сооружения при типовой величине шахтного водоотлива, отвечает ламинарному.

Время прохождения взвешенных частиц по сечению отстойника – t_s , ч, при задаваемом диаметре отверстий перегородок и величине шахтного водоотлива, определяем по формуле

$$t_s = \frac{(L_i \cdot S_i^p \cdot k)}{Q}.$$

Здесь L_i – расстояние от места впуска сточной воды до i -той перегородки, м.

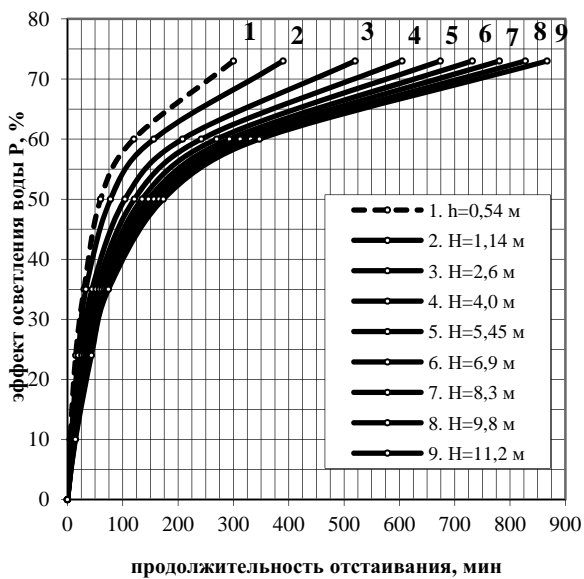
Задав приток шахтной воды в отстойник $Q=0,0225$ м³/с (708,8 тыс. м³/год), при рекомендованном диаметре отверстий в перегородках $d=9$ см, получим время прохождения взвешенных частиц по сечению отстойника, примерно, 11,7 часа. Причем, за это время очистится около 950 м³ шахтной воды (947,7 м³).

Исходными данными для последующего проектирования отстойников служат динамические кривые осаждения взвешенных веществ. Их получают

експериментальним путем. Фактично, це залежності між тривалістю отстаивания і кількістю випавших в осадок за це час частинок ваги. Далі визначають швидкість осадіння частинки, яку ще називають гідролітичною крупністю, на основі кінетики випадіння згаданих частинок в осадок. Визначення часу осадіння частинки проводять експериментально, шляхом отстаивания стічної води в статических умовах в шар висотою h , як правило, відмінним від дійсної висоти отстаивания в отстаюніку H_i . Тому, для приведення отриманих результатів до натуральних умов слід виробити перерахунок за формулою

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

де h і H_i – відповідно, висота циліндра-седиментатора і змінна глибина проектуваного отстаюніку, м; t і T_i – відповідно, тривалість отстаивания в циліндрі і отстаюніку змінної глибини, с; n – показник степені, що характеризує здатність частинок до агрегації при отстаивании в спокої (для шахтної води $n=0,35$ [3]).

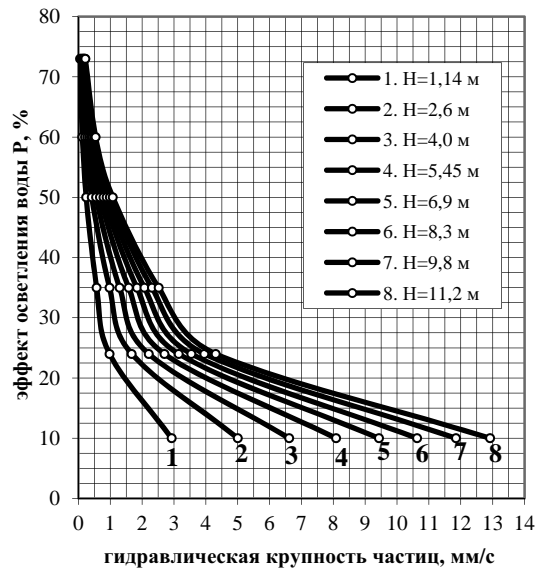


а)

Маючи результати експериментальних даних кінетики випадіння зважених частинок в осадок в залежності від зміни тривалості процесу отстаивания [7], можна перейти до розрахунку швидкості осадіння (гідролітичної крупності) частинки ваги в стаціонарних умовах при висоті рівня води, рівній робочим глибинам перегородок пропонуваного отстаюніку ($H_i = h_i^p$). Для цього визначаємо тривалість отстаивания стічної води (T_i , с) в отстаюніку при досягненні однакового (постійного) ефекту освітлення (очищення) і змінної висоти рівня води, використовуючи формулу

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

По вирахованим значенням T_i і, що відповідають цьому часу кількості випавших в осадок частинок ваги – P , будують криві випадіння зважених речовин на глибинах, що відповідають робочим висотам перегородок отстаюніку (рис. 1, а, криві 2–9), де крива 1 характеризує тривалість отстаивания частинки зважених в воді речовин в стаціонарних умовах при висоті лабораторного циліндра-седиментатора $h=0,54$ м.



б)

Рис. 1. Залежності зміни ефекту освітлення води, що містить зважені речовини: а) від тривалості процесу отстаивания; б) від швидкості осадіння частинки ваги в отстаюніку змінної глибини

С допомогою отриманих кривих випадіння зважених речовин в осадок визначаємо розраховані швидкості осадіння частинки ваги або їх гідролітичну крупність, при яких забезпечується заданий ефект освітлення води, за формулою

$$U_0 = \frac{H_i}{T_i}.$$

Розраховані значення U_0 , мм/с, характеризують режим осадіння ваги, т. є. освітлення води в отстаюніку натуральних розмірів. На рис. 1, б наведені залежності ефекту освітлення води P , що містить зважені речовини, від параметра U_0 .

Крім того, на основі отриманих експериментальних даних побудовані залежності величин гідролітичної крупності частинки ваги від висоти рівня води при заданому ефекті її очищення (рис. 2).

Полученные на рис. 1 и 2 зависимости позволяют определять процентное количество взвешенных частиц, выпадающих на той или иной глубине предла-

гаемого отстойника, в течение любого заданного промежутка времени с соответствующей гидравлической крупностью.

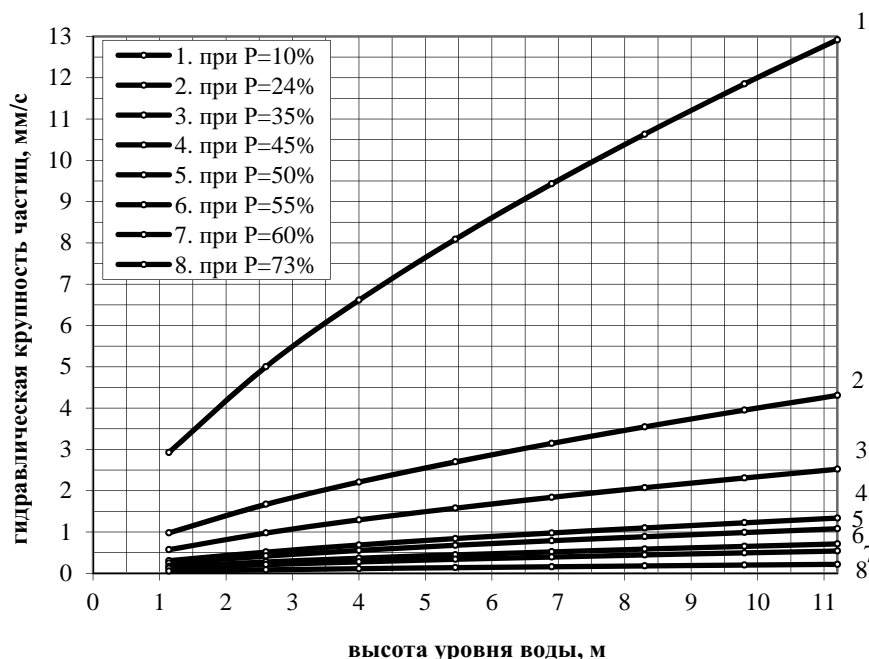


Рис. 2. Зависимости величин гидравлической крупности частиц взвеси от высоты уровня воды при задаваемом эффекте ее очистки

В завершение анализа гидравлического режима определим расстояния, на которых частицы взвешенных веществ различной гидравлической крупности выпадут на дно отстойника.

Указанные расстояния определяем, задавая эффект очистки P , % (путем изменения величины гидравлической крупности частиц взвеси U_0), при указанной выше рабочей высоте перегородок h_i^p для $k=0,706$, соответствующему диаметру отверстий перегородок $d=9$ см. Расчет выполняем по ранее полученной формуле

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

Результаты вычислений целесообразно представить в виде графических зависимостей глубины осаждения частиц (с различной гидравлической крупностью) от расстояния, на котором они выпадут на дно отстойного

сооружения при задаваемом эффекте очистки и высоте перегородок, в соответствии с рассматриваемыми вариантами. Указанные зависимости представлены на рис. 3, а-д. По ним можно определить глубину h_i , м осаждения частиц различной гидравлической крупности в области выпуска осветленной жидкости, расположенного на задней торцевой стенке отстойника. Указанная глубина, при задаваемой эффективности очистки шахтной воды и принимаемой общей длине отстойника, представлена в виде семейства кривых на рис. 3, е. С помощью этих зависимостей можно определить ожидаемый эффект осветления (очистки) воды, а затем и гидравлическую крупность частиц, которые оседают с заданной эффективностью.

Гидравлическую крупность частиц U_0 , оседающих у задней торцевой стенки предлагаемого отстойника, конечная глубина которого составляет $H_k=11,2$ м, можно определить на основании зависимостей, представленных на рис. 1, б. Результаты расчетов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Значения ожидаемых технологических показателей горизонтального отстойника, согласно вариантам

Вариант	Ожидаемый эффект очистки шахтной воды P , %	Ориентировочная глубина осаждения частиц взвеси h_i , м	Гидравлическая крупность взвешенных частиц U_0 , мм/с
I	80	0,413	0,146
II	80	0,221	0,146
III	80	0,225	0,146
IV	79	0,233	0,155
V	78	0,320	0,165

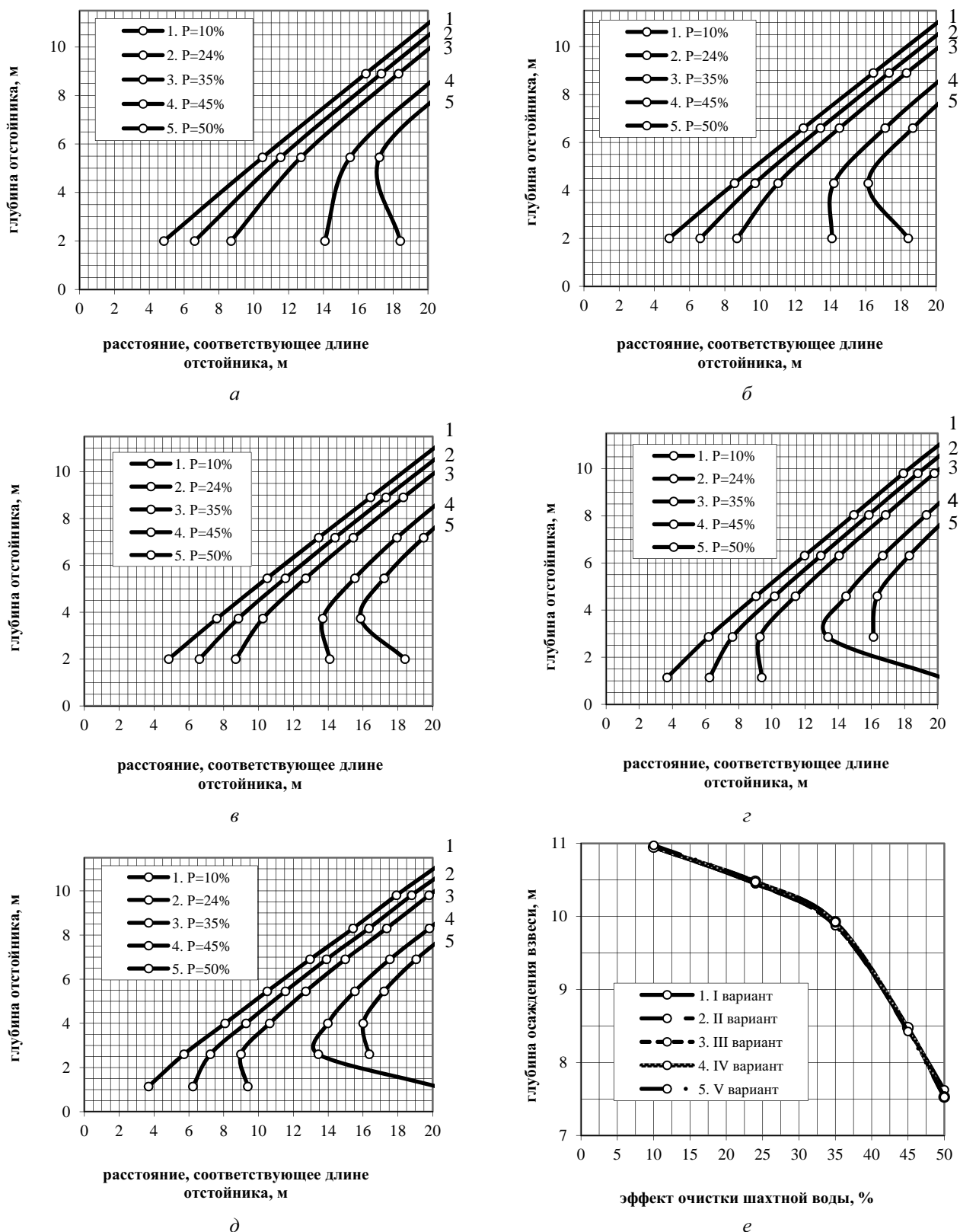


Рис. 3. Зависимости изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от расстояния L при задаваемом эффекте очистки и высоте уровня воды предлагаемых отстойников (а – I вариант; б – II вариант; в – III вариант; г – IV вариант; д – V вариант – см. табл. 1) и величины эффекта очистки шахтной воды при заданной общей длине отстойных сооружений (е)

Анализ расчетных технологических параметров, полученных для рассмотренных вариантов, применительно к условиям водоотлива действующей угольной шахты, показал, что ожидаемый эффект осветления (очистки) воды при размещении в отстойнике различного количества перфорированных перегородок (от 3 до 7) незначительно отличается по вариантам.

Так, при установке трех-пяти перегородок ожидаемый эффект очистки шахтной воды достигнет, примерно, 80%. При размещении более пяти перегородок (IV и V варианты) ожидаемая эффективность очистки воды несколько снижается, поэтому устанавливать такое количество перегородок не целесообразно. Поскольку расстояние между перегородками в отстойнике должно быть не больше его ширины, то установка трех перегородок тоже является нежелательной.

Выводы. Выполненный анализ геометрических параметров предложенного отстойника показал, что конструкции с четырьмя или пятью перегородками имеют наибольшую эффективность очистки воды от взвешенных частиц, которая достигает 80%.

Установлено, что перегородки на входе и выходе воды из отстойника (первую и последнюю) следует размещать на расстоянии 4 м от торцевых стенок. Промежуточные перегородки располагают на равном расстоянии друг от друга.

Список литературы /References

1. Патент UA № 98382 України, МПК (2006) B01D 21/02. Пристрій для очистки скидів від завислих речовин / Колесник В.Є., Кулікова Д.В.; заявл. 08.10.2010; опубл. 10.05.2012; Бюл. № 9.

Kolesnik, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2012), "The equipment for waste water purification from suspended solids", The patent UA 98382 Ukraine, MPK (2006) B01D 21/02; declared October 8, 2010; published May 10, 2012, bulletin no. 9.

2. Колесник В.Е. Обоснование геометрических параметров усовершенствованного горизонтального для условий водоотлива действующей шахты / В.Е. Колесник, Д.В. Куликова //Збірник наукових праць НГУ. – 2012. – № 39. – С. 229–239.

Kolesnik, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2012), "Justification of geometric parameters of the improved horizontal sedimentation tank for conditions of dewatering the operating mine", *Collection of scientific works of National Mining University*, no 39, pp. 229–239.

3. 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 Pridneprovyu, Dnipropetrovsk, Ukraine.

4. Колесник В.Е. Определение параметров усовершенствованного отстойника воды для условий водоотлива

действующей шахты / В.Е. Колесник, Д.В. Куликова // Збірник наукових праць НГУ. – 2012. – № 37. – С. 281–289.

Kolesnik, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2012), "Determining the parameters of the improved sedimentation tank of water for conditions of dewatering the operating mine", *Collection of scientific works of National Mining University*, no 37, pp. 281–299.

5. 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.

6. Воловник Г.И. Теоретические основы очистки воды. Ч. 1. Водные загрязнения. Регенеративная очистка / Воловник Г.И. – Хабаровск: ДВГУПС, 2007. – 162 с.

Volovnik, H.I. (2007), *Teoreticheskie osnovy ochistki vody. Chast 1. Vodnye zagriazneniia. Regenerativnaia ochistka* [Theoretical Basis of Water Treatment. Part 1. Water Pollution. Regenerative Cleaning], DVHUPS, Khabarovsk, Russia.

7. Горова А.И. Фізичне моделювання процесу осадження завислих речовин у діючому макеті відстійника для очистки шахтних вод / А.И. Горова, В.Є. Колесник, Д.В. Кулікова //Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 92–98.

Horova, A.I., Kolesnik, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2012), "Physical modeling of precipitation process of the suspended materials in physical model of sedimentation tank for mine water treatment", *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no 3, pp. 92–98.

Мета. Обґрунтування необхідної кількості перфорованих перегородок та інтервалів їх розміщення за довжиною запропонованого відстійника вдосконаленої конструкції.

Методика. Методичною основою обґрунтування кількості перегородок та області їх розміщення у відстійнику є визначення геометричних і гідравлічних параметрів запропонованої відстійної споруди, а також встановлення зв'язку між цими параметрами й розрахованими технологічними показниками. Для цього проаналізовано п'ять варіантів розміщення перфорованих перегородок за перетином відстійника при різній їх кількості й різних відстанях їх розміщення, а потім обрано найбільш прийнятний за ефективністю очистки варіант.

Результати. Виконано порівняльний аналіз впливу кількості перегородок на гідравлічний режим течії води, що очищується, та осідання завислих часток стосовно до умов водовідливу діючої вугільної шахти. На підставі отриманих результатів можна зробити висновок щодо доцільності установки у відстійнику запропонованої конструкції чотирьох або п'яти пере-

городок, що забезпечує найбільший ефект очистки води від завислих часток. При цьому перегородки на вході й виході з відстійника (першу й останню) встановлюють на відстані 4 м від торцевих стінок. Наступні перегородки розташовують на рівній відстані одна від одної.

Наукова новизна. Обґрунтовано необхідну й достатню кількість перфорованих перегородок, які встановлюються вертикально в обраних перетинах удосконаленого відстійника, що забезпечує найбільшу ефективність освітлення шахтної води.

Практична значимість. Унаслідок установки найбільш оптимальної кількості перегородок за довжиною відстійника підвищується ефективність очистки шахтної води шляхом забезпечення ламінарного режиму її течії та інтенсифікації процесу гравітаційного осадження завислих часток.

Ключові слова: шахтні води, механічна очистка, горизонтальний відстійник, ефективність очистки

Purpose. Justification of the required number of perforated partitions and intervals of their placement along the proposed sedimentation tank of improved construction.

Methodology. The methodological basis of justification of the number of partitions and their placement in the improved sedimentation tank consisted in the determination of the geometric and hydraulic parameters of the proposed sedimentation tank and in the establishment of dependence between these parameters and calculated technological parameters. For this purpose we have analyzed five variants of placement of the different number

of perforated partitions on the cross-section of the tank with various distances of placement, and then we have selected the most acceptable variant to provide efficient waste water treatment.

Findings. The comparative analysis of the impact of number of partitions on the hydraulic-flow conditions of purified water and deposition of suspended particles for the conditions of dewatering the operating mine has been performed. Based on the results we have concluded that sedimentation tank of proposed construction requires four or five partitions for the greatest effect of waste water purification from suspended particles. In this case, the partitions on the inlet and outlet from the settling (first and last) are placed at 4 m distance from the end walls. The subsequent partitions are placed equally apart each other.

Originality. The necessary and sufficient quantity of perforated partitions placed vertically in the selected cross-sections of the improved sedimentation tank, which provides the greatest effectiveness of mine water treatment, has been determined.

Practical value. Placement of the most optimal quantity of partitions along the sedimentation tank increases efficiency of mine water treatment by providing laminar-flow conditions and intensification of the process of gravitational deposition of suspended particles.

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

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Т.І. Долговою. Дата надходження рукопису 16.01.13.