

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОТСТОЙНИКА ДЛЯ УСЛОВИЙ ВОДООТЛИВА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ШАХТЫ

Подобраны основные геометрические размеры трех вариантов предложенного отстойника для очистки воды от взвешенных примесей в условиях водоотлива действующей угольной шахты. Выполнен краткий анализ эффективности их работы. По разным критериям обоснованы геометрические параметры отстойника шахтной воды, которые могут быть использованы при его проектировании. Основным критерием эффективной работы отстойника служила степень осветления сливаемой из него воды. В конечном итоге, обоснованы: наиболее рациональная начальная ширина отстойника, угол наклона его днища и углы его сужения в плане, на основе которых определены другие геометрические размеры отстойного сооружения, с учетом его производительности.

Підібрано основні геометричні розміри трьох варіантів запропонованого відстійника для очистки воды від завислих домішок в умовах водовідливу діючої вугільної шахти. Виконано стислий аналіз ефективності їхньої роботи. За різними критеріями обґрунтовано геометричні параметри відстійника шахтної води, які можуть бути використані при його проектуванні. Основним критерієм ефективною роботи відстійника служив ступінь освітлення води, що зливається з нього. В остаточному підсумку, обґрунтовано: найбільш раціональна початкова ширина відстійника, кут нахилу його днища й кути його звуження в плані, на основі яких визначено інші геометричні розміри відстійної споруди, з урахуванням його продуктивності.

The main geometrical sizes of the three variants of proposed sedimentation tank for water treatment from suspended solids in conditions of water drainage of the existing coal mine are selected. A brief analysis of the effectiveness of their work is executed. By different criteria substantiated the geometric parameters of sedimentation tank mine water treatment, which can be used in its design. The main criterion of effective operation of sedimentation tank is the degree of water treatment. In the end, substantiated: the most rational initial width of the sedimentation tank, the angle of inclination of its bottom and angles its narrowing in the plan, on the basis which are determined of other geometric sizes of the settling tanks, consistent with its performance.

Для очистки шахтной воды от грубодисперсных примесей и частиц органических загрязнений без какой-либо предварительной обработки на предприятиях угольной промышленности Украины широко используются горизонтальные отстойники. Они характеризуются относительно низкой эффективностью очистки из-за высокой горизонтальной скорости движения воды, при которой поток турбулизируется, что препятствует осаждению частиц взвеси. Повысить эффективность осветления воды в отстойнике можно путем обеспечения ламинарного режима ее течения и ускорения процесса гравитационного осаждения частиц. Для этого авторами предложен оригинальный отстойник, который характеризуется отсутствием «застойных» зон и более равномерным распределением скорости потока по всей площади поперечного сечения [1]. Достигнуто это за счет переменной формы сечения отстойника, изменяющегося от не глубокого, но широкого, в области впуска очищаемой воды, до узкого, но глубокого, – в области слива, а также за счет установки перфорированных перегородок, которые обеспечивают ламинарный режим течения жидкости.

Процесс выпадения взвешенных частиц различного вещественного и дисперсного состава в осадок и влияние различных гидравлических факторов на режим работы предложенного отстойника изучался авторами на физической модели в виде действующего макета [2, 3]. Как выявлено, конструкция отстойника обеспечивает увеличение коэффициента его объемного использования (K_{set}) в 1,6-1,8 раз, по сравнению с аналогичным показателем для традиционных отстойных сооружений, который практически не превышает 0,5. Наличие же перфорированных перегородок, последовательно установленных в разных сечениях отстойника, разбивают поток осветляемой воды на множество отдельных ламинарных струй и способствуют интенсивному гравитационному осаждению частиц взвеси на наклонное дно. Поэтому, эффективность процесса очистки (осветления) сточной воды повышается практически вдвое, по сравнению с традиционными отстойниками.

Учитывая вышеизложенное, ставилась задача подобрать геометрические параметры предлагаемого отстойника таким образом, чтобы обеспечить режим течения осветляемой жидкости в отстойнике, при котором ожидаемая эффективность очистки воды применительно к условиям водоотлива действующей шахты была наивысшей.

Как показано в [1], главным отличием предложенной конструкции отстойника от традиционных сооружений механической очистки сточных вод от взвешенных веществ является то, что корпус отстойника выполнен в виде желоба с наклонным дном (рис. 1), который от места впуска воды 1 сужается по направлению к сливному отверстию 2, при одновременном увеличении глубины. Поскольку корпус установлен на опоре с наклоном днища в сторону сливного отверстия, это обеспечивает сползание осадка, выпадающего в процессе осветления на дно в самую глубокую часть отстойника, к отверстию 3. Оттуда образовавшийся ил может периодически сливаться без остановки работы сооружения. При этом по мере продвижения воды от места ее впуска, в области наиболее широкой части желоба взвешенные частицы оседают на все большую глубину. Поэтому в области слива образуется достаточно высокий слой осветленной воды, что позволяет сливать ее с минимальным захватом ила, который собирается ближе к днищу отстойника. В конечном итоге, повышается эффективность процесса осветления (очистки) сточной воды в целом.

Очевидно, что для обеспечения эффективной работы предложенного отстойника важно подобрать его основные геометрические параметры, а затем по возможности оптимизировать их с учетом реальных условий очистки воды от взвешенных примесей в производственных условиях, в частности в условиях водоотлива угольной шахты по критериям которые будут рассмотрены ниже.

Выбор геометрических параметров отстойника для последующего анализа. К основным геометрическим параметрам предложенного горизонтального отстойника для реализации в натуральных условиях следует отнести угол наклона днища корпуса к горизонтальной плоскости – α и углы сужения корпуса – β , которые определяют конечную ширину – B_K в зависимости от начальной – B_0 и общую длину отстойника – $L_{общ}$. Причем параметр B_0 определяет габаритные размеры отстойника в плане, а с учетом углов α и β , его глубину и длину.

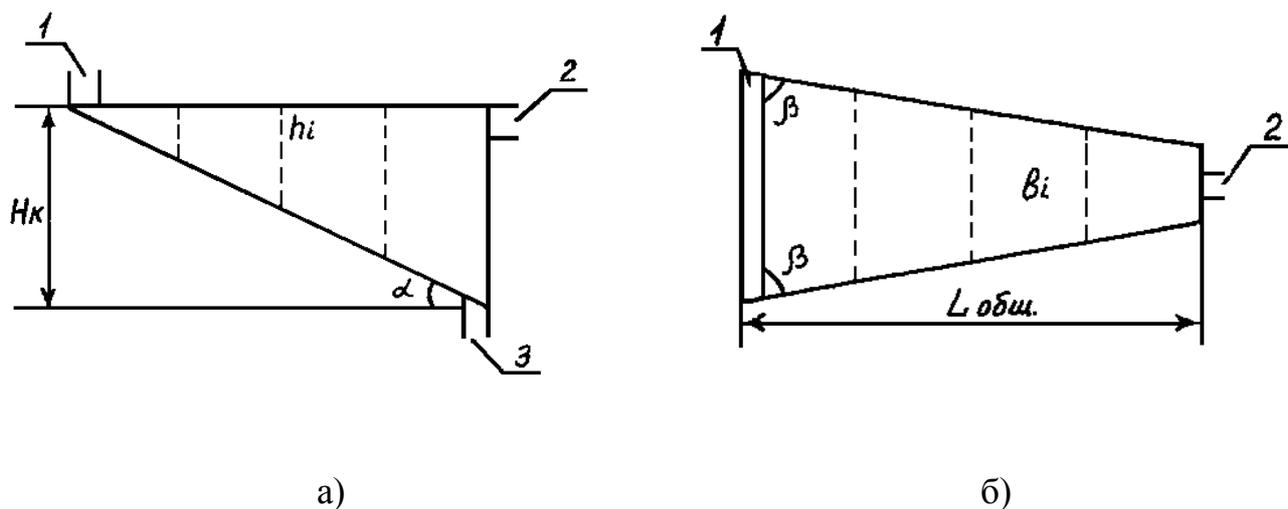


Рис. 1. Схема горизонтального отстойника усовершенствованной конструкции:
а – вид сбоку; б – вид сверху

Кроме того, важно установить связь между перечисленными параметрами и технологическими показателями, а именно: коэффициентом использования объема проточной части отстойника – K_{set} , временем пребывания в нем осветляемой жидкости – t_2 и эффективностью очистки шахтной воды от взвешенных частиц – P . Для этого предложено проанализировать три варианта отстойников, геометрические размеры которых принимались с учетом объемов осветляемой воды и характерных габаритов существующих шахтных сооружений для очистки воды от взвешенных частиц, а затем выбрать наиболее приемлемый по эффективности очистки вариант. При этом были ориентировочно рассчитаны и приняты одинаковые для трех вариантов: начальная ширина $B_0=10$ м и высота $H_K=11,5$ м отстойника при длине $L_{общ}=20$ м – для первого и второго вариантов, с увеличением $L_{общ}$ до 24 м – в третьем варианте, для обеспечения запаса по объему очищаемой воды. Угол α для первых двух вариантов тоже выбирался около 30° . По априорным данным такая величина угла обеспечивает свободное сползание ила по днищу наклонного желоба. Несколько уменьшенное значение этого угла было принято в третьем варианте для обеспечения упомянутого выше запаса по объему. Кроме того, три раза варьировался угол β , тангенс которого задавался 8, 10 и 12, что определило конечную ширину отстойника (B_K) соответственно 5, 6 и 6 м в каждом варианте. Во всех вариантах по всей длине отстойника предложено по конструктивным соображениям установить 7 перфорированных поперечных вертикальных перегородок. Поэтому расстояния между ними – L_i , м, определялись их числом при равномерном распределении по длине, причем перфорацию перегородок предложено выполнить в виде круглых отверстий. Принятые или вычисленные значения геометрических параметров отстойника для трех вариантов сведены в табл. 1.

Определение коэффициента использования объема проточной части вариантов отстойника. Коэффициент использования объема проточной части

Таблица 1. Геометрические параметры предлагаемых вариантов отстойника

Параметры отстойника	Значения геометрических параметров для трех вариантов		
	I вариант	II вариант	III вариант
Общая длина $L_{общ}$, м	20	20	24
Начальная ширина B_0 , м	10	10	10
Конечная ширина B_K , м	5	6	6
Конечная высота H_K , м	11,5	11,5	11,5
$tg \alpha$ (угол α)	0,575 ($\alpha=29^{\circ}54'$)	0,575 ($\alpha=29^{\circ}54'$)	0,4792 ($\alpha=25^{\circ}36'$)
$tg \beta$ (угол β)	8 ($\beta=82^{\circ}53'$)	10 ($\beta=84^{\circ}18'$)	12 ($\beta=85^{\circ}15'$)
Расстояние между перегородками L_i , м	2,5	2,5	3

(K_{set}) отстойника, характеризующий его гидравлическую эффективность, определяем по формуле:

$$K_{set} = \frac{W_{акт}}{W_{геом}}, \quad (1)$$

где $W_{акт}$ – объем активной зоны отстойника, m^3 ; $W_{геом}$ – общий геометрический объем отстойника, m^3 .

Значения коэффициента K_{set} для предлагаемых вариантов отстойника – I, II и III составили соответственно: 0,942; 0,944; 0,944.

Очевидно, что рассчитанные коэффициенты использования объема проточной части, можно считать практически одинаковыми для рассматриваемых вариантов. Они, примерно в 1,9 раза больше аналогичных показателей для традиционных отстойных сооружений, для которых $K_{set} \approx 0,5$ [4]. Уместно отметить, что использование объема проточной части обеспечивается также рациональным впуском сточной воды в отстойники и выпуском осветленной, что требует конструктивной проработки этих узлов.

Определение геометрических параметров перегородок. Общую высоту i -той перегородки (h_i^o , м) отстойника определяем по формуле:

$$tg \alpha = \frac{h_i^o}{L_i}. \quad (2)$$

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

Рабочую высоту i -той перегородки (h_i^p , м) рассчитываем без учета высоты борта отстойника, которая согласно рекомендациям [4] должна составлять 0,3 м, тогда $h_i^p = h_i^o - 0,3$.

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

$$b_i = 2 \cdot \left(\frac{L_i}{tg \beta} \right) + B_K, \quad (3)$$

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

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

$$S_i^p = b_i \cdot h_i^p . \quad (4)$$

Результаты расчета для каждой из семи перегородок сведены в табл. 2.

Таблица 2. Геометрические параметры перегородок предлагаемых вариантов отстойника

Параметры	Значения геометрических параметров каждой из семи перегородок и крайней торцевой стенки, согласно вариантам							
	1	2	3	4	5	6	7	торцевая стенка
для всех вариантов								
Общая высота, h_i^o , м	1,44	2,9	4,3	5,75	7,2	8,6	10,1	11,5
Рабочая высота, h_i^p , м	1,14	2,6	4,0	5,45	6,9	8,3	9,8	11,2
для I варианта								
Ширина, b_i , м	9,4	8,75	8,13	7,5	6,88	6,25	5,63	5
Рабочая площадь, S_i^p , м ²	10,72	22,75	32,52	40,88	47,47	51,88	55,17	56
для II и III варианта								
Ширина, b_i , м	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0
Рабочая площадь, S_i^p , м ²	10,83	23,4	34	43,6	51,75	58,1	63,7	67,2

Как видим, от впуска сточной воды (перед перегородкой 1) до выпуска осветленной жидкости в области крайней торцевой стенки, наблюдается постепенное увеличение рабочей площади перегородок, что приводит к соответствующему снижению скорости потока в каждом последующем сечении. Это, наряду с соответствующим образом подобранными диаметрами отверстий в перегородках, обеспечивает ламинарное течение осветляемой воды и способствует более интенсивному гравитационному осаждению частиц взвеси. При этом во втором и третьем варианте площадь увеличивается в большей мере, по сравнению с первым.

Определение гидравлических параметров отстойника в условиях водоотлива действующей шахты. Расчет гидравлических параметров перегородок необходимо начать с определения суммарной площади отверстий (F_i , м²) i -той перегородки, через которые движется очищаемая вода вдоль отстойного сооружения. Выполним его по формуле:

$$F_i = S_i^p \cdot k , \quad (5)$$

где k – коэффициент пропускания воды через сечения перегородок в расчете на 1 м² их рабочей площади при заданном диаметре d отверстий (табл. 3) [5].

Таблица 3. Значения коэффициента k , соответствующие диаметру d отверстий в перегородках [5]

Диаметр отверстия d , см	2,5	3	3,6	4	5	6	7	8	9	10
Значения коэффициента k	0,629	0,629	0,666	0,685	0,674	0,685	0,694	0,685	0,706	0,685

Величина шахтного водоотлива является следующим показателем, на основании которого проводится дальнейший расчет гидравлических параметров предлагаемых вариантов отстойника. Количество шахтной воды (Q , м³/с), извлекаемой из недр в процессе производственной деятельности, например, шахтой «Степная» ПАТ «ДТЭК Павлоградуголь» составляет 708,8 тыс. м³/год (0,0225 м³/с) [6].

По значению Q и расчетной суммарной площади отверстий – F_i , с учетом задаваемых диаметров отверстий в перегородках и соответствующих значений коэффициента k , определяем величину расхода очищаемой воды – q_i в расчете на 1 м² рабочей площади перегородки по формуле:

$$q_i = \frac{Q}{S_i^p \cdot k} = \frac{Q}{F_i} \quad (6)$$

На этом этапе необходимо определить значения чисел Рейнольдса (Re) для задаваемых диаметров отверстий, которые обеспечивают ламинарный режим течения очищаемой воды с учетом величин ее расхода. Для этого воспользуемся номограммами изменения чисел Рейнольдса (Re), рассчитанных ранее [5]. При этом установлено, что границей ламинарного режима течения воды является условие $Re_{кр} \leq 500$ [7].

Как показали расчеты, для расхода воды, приходящемуся на 1 м² рабочей площади перегородки, условию $Re_{кр} \leq 500$ отвечают все выбранные (рекомендуемые) диаметры отверстий перегородок в диапазоне $d=2,5-10$ см. Это означает, что режим течения потока осветляемой жидкости, проходящей по сечению отстойного сооружения, при задаваемом диаметре отверстий перегородок и величине шахтного водоотлива, является практически ламинарным.

Определение времени прохождения взвешенных в воде частиц по сечению отстойника при задаваемых диаметрах отверстий в перегородках. Время прохождения взвешенных частиц по сечению отстойника – t_2 , ч, при задаваемом диаметре отверстий перегородок и величине шахтного водоотлива определяем по формуле:

$$t_2 = \frac{L_i \cdot S_i^p \cdot k}{Q} \quad (7)$$

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

Результаты расчета сведены в табл. 4.

Анализ данных табл. 4 показывает, что для притока воды $Q=0,0225$ м³/с (708,8 тыс. м³/год) при варьировании диаметра отверстий перегородок в пределах 2,5-10 см время прохождения взвешенных частиц по сечению отстойника будет максимальным для $d=9$ см и составит 9,8 ч – для варианта I и соответственно 11,7 и 14,1 часа – для вариантов II и III.

Таблица 4. Время прохождения частиц взвеси по сечению для трех вариантов отстойника, в зависимости от задаваемых диаметров отверстий в перегородках

Вариант отстойника	Время прохождения частиц взвеси – t_z , ч, при задаваемых диаметрах отверстий – d (см)									
	2,5	3	3,6	4	5	6	7	8	9	10
I	8,7	8,7	9,2	9,5	9,3	9,5	9,6	9,5	9,8	9,5
II	10,4	10,4	11,1	11,4	11,2	11,4	11,5	11,4	11,7	11,4
III	12,5	12,5	13,3	13,6	13,4	13,6	13,8	13,6	14,1	13,6

Таким образом, для условий водоотлива действующей шахты в предлагаемом отстойнике рекомендуется устанавливать перегородки с диаметром отверстий в них $d=9$ см. В этом случае, скорость потока в сечениях перегородок будет наименьшей, а время прохождения взвешенных частиц по длине отстойного сооружения наибольшим. Это важно для обеспечения требуемого гидравлического режима отстойника, а значит и эффективного гравитационного осаждения частиц взвеси.

Физическое моделирование процесса осаждения частиц взвешенных веществ в отстойнике. Исходными данными для проектирования отстойников служат динамические кривые осаждения взвешенных веществ. Их получают экспериментальным путем. Фактически, – это зависимости между продолжительностью отстаивания и количеством выпавших в осадок за это время частиц взвеси. Далее определяют скорость оседания частиц, которую еще называют гидравлической крупностью, на основе кинетики их выпадения в осадок. Определение времени оседания частиц проводят экспериментально, путем отстаивания сточной воды в статических условиях в слое высотой h , как правило, отличающемся от действительной высоты отстаивания в отстойнике H_i . Поэтому для приведения полученных результатов к натурным следует производить пересчет по формуле:

$$\frac{t}{T_i} = \left(\frac{h}{H_i} \right)^n, \quad (8)$$

где h и H_i – соответственно высота цилиндра-седиментатора и переменная глубина проектируемого отстойника, м; t и T_i – соответственно продолжительность отстаивания в цилиндре и отстойнике переменной глубины, с; n – показатель степени, характеризующий способность частиц к агрегации при отстаивании в покое (для шахтной воды $n=0,35$ [8]).

Имея результаты экспериментальных данных кинетики выпадения взвешенных частиц, в зависимости от изменения продолжительности процесса отстаивания [3], можно перейти к расчету скорости осаждения (гидравлической крупности) частиц взвеси в стационарных условиях при высоте уровня воды, равной рабочим глубинам перегородок предлагаемого отстойника ($H_i=h_i^p$). Для этого определяем продолжительность отстаивания сточной воды – T_i , с, в предлагаемом отстойнике при достижении одинакового (постоянного) эффекта осветления (очистки) и переменной высоте уровня воды по формуле:

$$T_i = t \cdot \left(\frac{H_i}{h} \right)^n \quad (9)$$

По вычисленным значениям – T_i и, соответствующим этому времени количествам выпавших в осадок частиц взвеси – P , построены кривые выпадения взвешенных веществ на глубинах, соответствующих рабочим высотам перегородок отстойника (рис. 2, а, кривые 2-9). Кривая 1 характеризует продолжительность отстаивания частиц взвешенных в воде веществ в стационарных условиях при высоте лабораторного цилиндра-седиментатора $h=0,54$ м.

С помощью полученных кривых выпадения взвешенных веществ, определяем расчетные скорости осаждения частиц взвеси или их гидравлическую крупность, при которых обеспечивается заданный эффект осветления воды, по формуле:

$$U_0 = \frac{H_i}{T_i} \quad (10)$$

Рассчитанные значения – U_0 , мм/с, характеризуют режим осаждения взвеси, т.е. осветления воды в отстойнике натуральных размеров. На рис. 2, б, приведены зависимости эффекта осветления очищаемой воды – P , содержащих взвешенные вещества, от параметра U_0 .

Определение расстояния, на котором частицы взвешенных веществ различной гидравлической крупности выпадут на дно отстойника. Расстояние, на котором частицы взвешенных веществ выпадут на дно анализируемых вариантов отстойника при задаваемом эффекте очистки – P , %, (путем изменения величины гидравлической крупности частиц взвеси – U_0) и указанной выше рабочей высоте перегородок h_i^p для $k=0,706$, соответствующему диаметру отверстий перегородок $d=9$ см, определяем по формуле:

$$L = \frac{b_i}{4 \cdot ctg\beta} - \sqrt{\left(\frac{b_i}{4 \cdot ctg\beta} \right)^2 - \frac{Q}{2 \cdot k \cdot U_0 \cdot ctg\beta}} \quad (11)$$

Результаты вычислений целесообразно представить в виде графических зависимостей изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от расстояния, на котором они выпадут на дно отстойного сооружения при задаваемом эффекте очистки и высоте его перегородок для параметров анализируемых вариантов отстойника, которые представлены на рис. 3, а-в.

Воспользовавшись полученными зависимостями, можно определить глубину осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности – h_i , м, в месте выпуска осветленной жидкости в водосливной карман, расположенный на задней торцевой стенке предлагаемых вариантов отстойника, (при заданной общей длине отстойных сооружений $L_{общ}$). Указанная глубина при задаваемой эффективности очистки шахтной воды и общей длине отстойных сооружений представлены в виде семейства зависимостей на рис. 3, г.

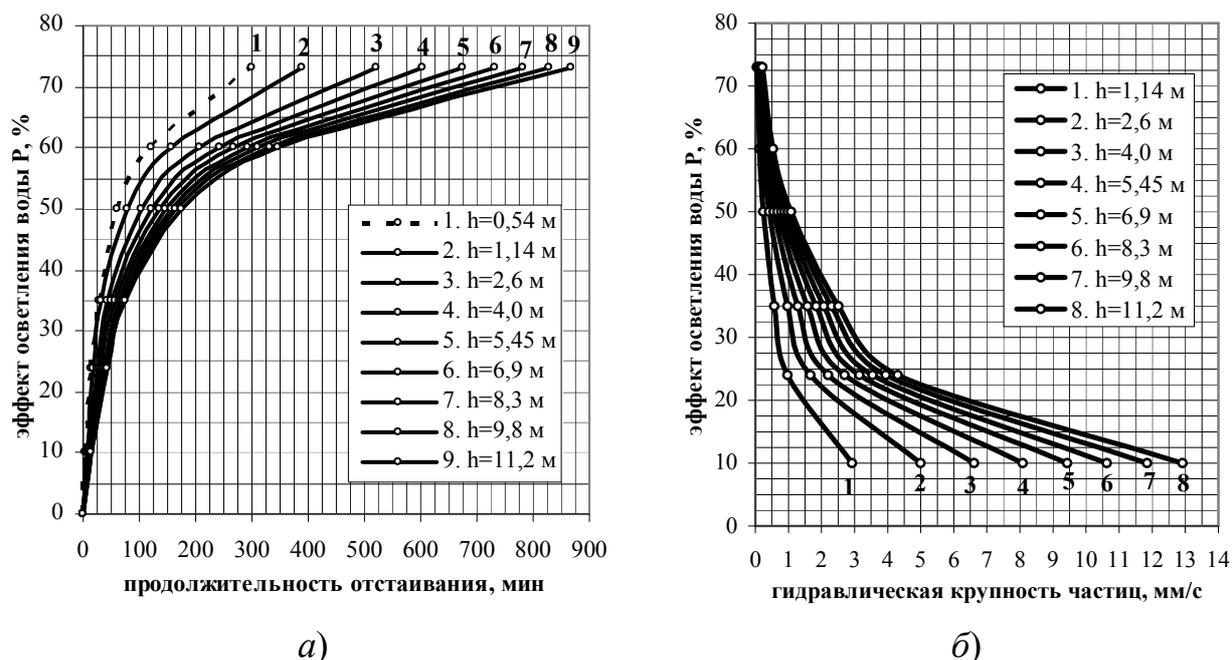


Рис. 2 – Зависимости изменения эффекта осветления воды, содержащей взвешенные вещества: а) – от продолжительности процесса отстаивания; б) – от скорости осаждения частиц взвеси, при разных значениях высоты уровня воды в отстойнике

Полученные на рис. 3, з, зависимости удобно для последующих расчетов и экстраполяции представить трендами в виде полиномов второго порядка:

- для I варианта отстойника:

$$y = -0,0037 \cdot x^2 + 0,112 \cdot x + 10,068, R^2 = 0,9895; \quad (12)$$

- для II варианта отстойника:

$$y = -0,0025 \cdot x^2 + 0,0644 \cdot x + 10,502, R^2 = 0,9923; \quad (13)$$

- для III варианта отстойника

$$y = -0,0041 \cdot x^2 + 0,1662 \cdot x + 9,508, R^2 = 0,9227. \quad (14)$$

Здесь y – глубина осаждения частиц h_i , м, а x – эффективность осветления P , %.

Имея эти зависимости, можно определить ожидаемый эффект осветления (очистки) воды, а затем и гидравлическую крупность частиц, которые оседают с этой эффективностью. Так, ожидаемый эффект осветления шахтной воды при проектировании предлагаемых вариантов отстойника – I, II и III составит соответственно: 69, 78 и 72%. Эти значения P , %, получены путем экстраполяции трендов (12), (13) и (14). Гидравлическая крупность частиц U_0 , оседающих с заданной эффективностью, определяется на основании зависимостей, представленных на рис. 2, б, и у задней торцевой стенки отстойника, т.е. в наиболее глубокой части отстойника при $H_K=11,2$ м, составляет: 0,29, 0,165 и 0,242 мм/с, соответственно.

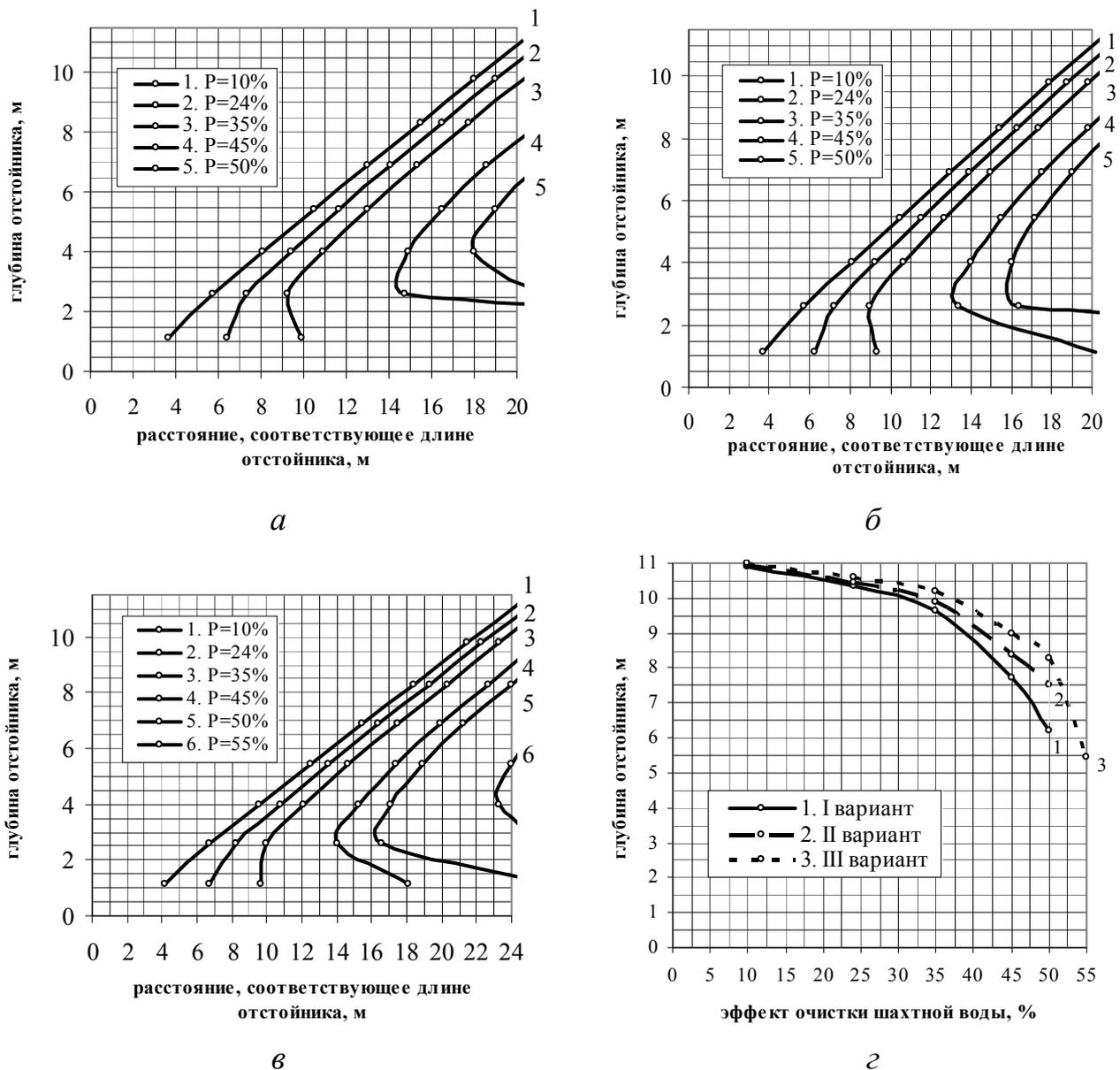


Рис. 3 – Зависимости изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от расстояния L при заданном эффекте очистки и высоте уровня воды предлагаемых отстойников (a – I вариант; $б$ – II вариант; $в$ – III вариант) и величины эффекта очистки шахтной воды при заданной общей длине отстойных сооружений (z)

При этом частицы взвешенных веществ в анализируемых вариантах отстойника окажутся на глубине h_i : 0,18, 0,32 и 0,22 м, что соответствует ожидаемому эффекту очистки 69, 78 и 72%.

Вывод: Анализ расчетных технологических параметров предлагаемых вариантов отстойника усовершенствованной конструкции, применительно к условиям водоотлива действующей шахты показал, что наилучшим по ожидаемому эффекту осветления воды, достигающему 78%, является вариант II, согласно которому при начальной ширине отстойника $B_0=10$ м, базовой для проектирования, наиболее рациональным следует считать угол наклона днища – $\alpha \approx 30^\circ$, а углы су-

ження в плані – $\beta \approx 84^\circ$, які визначають інші геометричні розміри запропонованого відстійника. При цьому рекомендований кут $\alpha \approx 30^\circ$ дозволяє мінімізувати довжину відстійника, скорочує час перебування в ньому води, і забезпечує найкраще сползання осаду до отвору для сливу іла. Кут $\beta \approx 84^\circ$ забезпечує найкращі умови осадження взвешених частинок при достатньо високому коефіцієнті використання проточної частини відстійника – 0,944, що в 1,9 рази вище, ніж для традиційних горизонтальних відстійників.

Список літератури

1. Патент на винахід № 98382 України, МПК⁸ В 01 D 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. – 6 с.
2. Горова А.І., Колесник В.Є., Кулікова Д.В. Експериментальні дослідження гідравлічного режиму діючого макету відстійника для очистки стічних вод від завислих речовин /Науковий Вісник НГУ, № 2, 2012 р. – С. 98-105.
3. Горова А.І., Колесник В.Є., Кулікова Д.В. Фізичне моделювання процесу осадження завислих речовин в діючому макеті відстійника для очистки шахтних вод /Науковий Вісник НГУ, № 3, 2012 р. – С. 92-98.
4. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения». – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
5. Колесник В.Є., Кулікова Д.В. Определение параметров усовершенствованного отстойника воды для условий водоотлива действующей шахты /Збірник наукових праць НГУ, № 37. – Д.: ДВНЗ „НГУ”, 2012. – С. 281-289.
6. Пономаренко П.И., Моссур П.М., Гринцова Е.А. Шахтные воды Донбасса, их охрана и использование. – Днепропетровск: Наука и образование, 1998. – 50 с.
7. Воловник Г.И. Теоретические основы очистки воды. Ч. 1. Водные загрязнения. Регенеративная очистка. – Хабаровск: ДВГУПС, 2007. – 162 с.
8. Когановский А.М., Кульский Л.А., Сотникова Е.В. и др. Очистка промышленных сточных вод. – К.: ”Техника”, 1974. – 257 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голінком В.І.
Надійшла до редакції 30.10.2012*

УДК 631.41

© О. В. Ащеулова, О.В. Зберовський, Т.К. Клименко, О.А. Гаркуша

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ТА АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ПРИ ЇХ ДОВГОТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ В БУРТАХ

У роботі наведені результати досліджень фізичних та агрохімічних властивостей чорнозему довготривалого зберігання в процесі гірничотехнічної рекультивациі.

В работе приведены результаты исследований физических и агрохимических свойств чернозема долговременного хранения в процессе горнотехнической рекультивации.