

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ОТСТОЙНИКА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ ВОДООТЛИВА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ШАХТЫ

В.Е. Колесник, Д.В. Куликова, ГВУЗ «Национальный горный университет», Украина

Рассчитаны основные конструктивные и технологические параметры усовершенствованного горизонтального отстойника для очистки сточной воды от механических примесей полидисперсного состава, применительно к условиям водоотлива действующей шахты.

Существующие традиционные горизонтальные отстойники достаточно хорошо изучены, и довольно трудно ожидать от них значительного повышения эффективности очистки сточной воды, поэтому одним из путей улучшения работы отстойных сооружений является усовершенствование их конструкции.

Авторами предложена оригинальная конструкция проточного горизонтального отстойника [1] для очистки сточной воды от механических примесей полидисперсного состава путем гравитационного отстаивания в потоке, находящемся в состоянии покоя илидвигающемся с небольшой скоростью.

Предложенная конструкция отстойника характеризуется увеличением коэффициента его объемного использования за счет формирования стационарного (ламинарного) режима течения потока с изменяющейся формой сечения (от не глубокого, но широкого – в области впуска очищаемой воды, до узкого, но глубокого – в области слива). Форма отстойника обеспечивает повышение эффективности процесса осветления (очистки) сточной воды вследствие отсутствия «застойных» зон и более равномерного распределения скорости потока по всей площади поперечного сечения, а также за счет обеспечения ламинарного режима течения воды.

Целью данной работы является расчет конструктивных и технологических параметров предлагаемого горизонтального отстойника для очистки сточной воды от механических примесей полидисперсного состава применительно к условиям водоотлива действующей шахты.

Выбор основных параметров горизонтального отстойника усовершенствованной конструкции для реализации в натуральных условиях. Выбор осуществлялся согласно закону геометрического и гидродинамического (по скорости оседания твердых примесей в воде) подобия на основе данных, полученных на действующем макете отстойника, выполненного в уменьшенном масштабе [2, 3]. Общий вид макета представлен на рис. 1.



Рис. 1 Общий вид действующего макета горизонтального отстойника усовершенствованной конструкции

При этом установлены следующие конструктивные параметры реального отстойника:
- общая длина отстойника $L_{\text{общ}}=20$ м;

- начальная ширина $B_0=10$ м;
- конечная ширина $B_K=5$ м;
- угол наклона днища корпуса отстойника $\alpha \approx 30^\circ$;
- угол сужения корпуса отстойника (угол, фактически обеспечивающий приблизительно одинаковый расход жидкости в каждом сечении всех распределительных перегородок, установленных по направлению движения рабочего потока) $\beta \approx 83^\circ$;
- конечная глубина отстойника на выходе осветленной жидкости $H_K=11,5$ м.

В реальном отстойнике по сечению предложено установить семь перфорированных поперечных вертикальных перегородок (вместо трех в макете, что обусловлено увеличением высоты оседания взвеси в натуральных условиях) на равном расстоянии друг от друга составляющем $L_i=2,5$ м. Перфорацию перегородок предлагается выполнить в виде круглых отверстий.

Определение коэффициента использования объема в проточной части предлагаемого отстойника. Общий геометрический объем усовершенствованного отстойника в натуральную величину определяем по формуле:

$$W_{\text{geom}} = \frac{H_K^2 \cdot B_K}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} + \frac{H_K^3}{3 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}. \quad (1)$$

После подстановки приведенных выше геометрических размеров, получим

$$W_{\text{geom}} = 766,67 \text{ м}^2.$$

Объем активной зоны отстойника определяем по формуле (1) без учета высоты борта отстойного сооружения, составляющей по рекомендации [4] 0,3 м, т.е.

$$W_{\text{акт}} = \frac{(H_K - 0,3)^2 \cdot B_K}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} + \frac{(H_K - 0,3)^3}{3 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta} = 722,45 \text{ м}^2.$$

Коэффициент использования объема проточной части (K_{set}) предлагаемого отстойника, характеризующий его гидравлическую эффективность, определяем по формуле:

$$K_{\text{set}} = \frac{W_{\text{акт}}}{W_{\text{geom}}}. \quad (2)$$

Подставляя рассчитанные значения, получим

$$K_{\text{set}} = 0,942.$$

Таким образом, если обеспечить в предлагаемом горизонтальном отстойнике рациональный выпуск сточной воды и выпуск осветленной жидкости, то, по сравнению с аналогичным показателем для традиционных отстойных сооружений, для которых $K_{\text{set}}=0,5$ [4], использование объема проточной части увеличивается, примерно, в 1,9 раз ($0,942/0,5$).

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_i^o}{L_i}, \quad (3)$$

где L_i – расстояние от места выпуска 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] составляет 0,3 м, т.е. $h_i^p = h_i^o - 0,3$.

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

$$b_i = 2 \cdot \left(\frac{L_i}{\operatorname{tg} \beta} \right) + B_K, \quad (4)$$

где L_i – длина от i -той перегородки до задней торцевой стенки отстойника, м.

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

$$S_i^p = b_i \cdot h_i^p. \quad (5)$$

Результаты расчета геометрических параметров перегородок представлены в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические параметры перегородок предлагаемого усовершенствованного отстойника

Параметры перегородок	Перегородки							Задняя торцевая стенка
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
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
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	32,5 2	40,8 8	47,4 7	51,8 8	55,1 7	56

Как видим, начиная от впуска сточной воды, до выпуска осветленной жидкости, наблюдается постепенное увеличение рабочей площади перегородок, что приводит к соответствующему снижению скорости потока в каждом последующем сечении. Это, наряду с отверстиями в перегородках обеспечивает ламинарное течение осветляемой воды.

Определение гидравлических параметров отстойника для условий водоотлива действующей шахты. Расчет гидравлических параметров перегородок усовершенствованного отстойника необходимо начинать с определения суммарной площади отверстий (F_i , м²) i -той перегородки, через которые движется очищаемая вода вдоль отстойного сооружения, который выполним по формуле:

$$F_i = S_i^p \cdot k, \quad (6)$$

где k – коэффициент пропускания воды через перегородки при заданном диаметре их отверстий – d и расстоянии между ними – p (табл. 2).

Таблица 2

Основные гидравлические параметры перегородок отстойника [5]

Диаметр отверстия, d , см	Расстояние между центрами отверстий, p^* , см	Площадь f^{**} , м ²	Площадь $S_{\text{шестиуг}}^{***}$, м ²	Коэффициент k , в расчете на 1 м ² рабочей площади перегородки
2,5	3,0	0,001472	0,00234	0,629
3,0	3,6	0,00212	0,00337	0,629
3,6	4,2	0,00305	0,00459	0,666
4,0	4,6	0,00377	0,005498	0,685
5,0	5,8	0,00589	0,00874	0,674
6,0	6,9	0,00848	0,01238	0,685
7,0	8,0	0,01154	0,01663	0,694
8,0	9,2	0,01507	0,02199	0,685
9,0	10,2	0,019076	0,02703	0,706
10,0	11,5	0,02355	0,03436	0,685

Примечание: * Отверстия перегородок отстойника расположены по шестиугольнику;

** f – площадь отверстий, вписанных в шестиугольник; *** $S_{\text{шестиуг}}$ – общая площадь шестиугольника.

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

Зная значение Q и площадь F_i при задаваемых диаметрах отверстий перегородок и соответствующих значениях коэффициента k , определяем величину расхода потока жидкости (q_i)

в расчете на 1 м² рабочей площади перегородки для условий водоотлива действующей шахты по формуле:

$$q_i = \frac{Q}{S_i^p \cdot k} = \frac{Q}{F_i}. \quad (7)$$

Воспользовавшись номограммами изменения значений чисел Рейнольдса (Re) для задаваемых диаметров отверстий, обеспечивающих ламинарный режим течения жидкости, от величин ее расхода в расчете на 1 м² рабочей площади перегородки, а также полученными аналитическими зависимостями [5], определяем значения Re при задаваемых диаметрах отверстий перегородок предлагаемого усовершенствованного отстойника для условий водоотлива выбранной шахты. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения Re при задаваемых диаметрах отверстий перегородок отстойника для условий водоотлива действующей шахты

Диаметр отверстий перегородок, см	Значения чисел Рейнольдса для отверстий перегородок						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
2,5	131	62	43	34	30	27	26
3,0	158	74	52	41	36	33	31
3,6	169	79	56	44	38	35	33
4,0	177	83	58	46	40	37	34
5,0	229	108	75	60	52	47	44
6,0	266	125	88	70	60	55	52
7,0	302	142	100	79	68	62	59
8,0	354	167	117	93	80	73	69
9,0	375	177	124	98	85	78	73
10,0	443	209	146	116	100	92	86

Как видно из табл. 3, условию $Re_{кр} \leq 500$ [7] отвечают все выбранные диаметры (d=2,5-10,0 см) отверстий перегородок. 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 частиц взвеси по сечению отстойника в натуральных условиях водоотлива действующей шахты при задаваемых диаметрах отверстий. Время прохождения взвешенных частиц по сечению предлагаемого отстойника (t_r) при задаваемом диаметре отверстий перегородок и величине шахтного водоотлива определяем по формуле:

$$t_r = \frac{L_i \cdot S_i^p \cdot k}{Q}, \quad (8)$$

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

Полученные результаты расчета представлены в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4, можно обнаружить, что для условий водоотлива действующей шахты и варьировании диаметра отверстий перегородок в пределах 2,5-10 см, время прохождения взвешенных частиц по сечению отстойного сооружения будет максимальным при d=9,0 см. и составит 9,76 часа.

Таким образом, для условий водоотлива действующей шахты в предлагаемом усовершенствованном отстойнике рекомендуется устанавливать на заданном расстоянии (L_i) по его длине перфорированные вертикальные поперечные перегородки с диаметром отверстий в них d=9,0 см.

В этом случае, скорость потока, проходящего через сечения перегородок, будет наименьшей, а время прохождения взвешенных частиц по длине отстойного сооружения максимальным. Это важно для обеспечения требуемого гидравлического режима работы усовершенствованного горизонтального отстойника.

Таблица 4

Время прохождения частиц взвеси по сечению предлагаемого отстойника для условий водоотлива действующей шахты при задаваемых диаметрах отверстий перегородок

Диаметр отверстий перегородок, см	Время прохождения частиц взвеси по сечению отстойника		Диаметр отверстий перегородок, см	Время прохождения частиц взвеси по сечению отстойника	
	мин.	час		мин.	час
2,5	521,84	8,7	6,0	568,3	9,47
3,0	521,84	8,7	7,0	575,76	9,6
3,6	552,53	9,21	8,0	568,3	9,47
4,0	568,3	9,47	9,0	585,72	9,76
5,0	559,17	9,32	10,0	568,3	9,47

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 за это время частиц взвеси. Далее определяют скорость оседания частиц или их гидравлическую крупность 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 предлагаемом горизонтальном отстойнике H . Поэтому для приведения полученных результатов к натурным надлежит производить пересчет по формуле:

$$\frac{t}{T} = \left(\frac{h}{H} \right)^n, \quad (9)$$

где h и H – высота цилиндра-седиментатора и глубина проектируемого отстойника, м; t и T – продолжительность отстаивания соответственно в цилиндре и отстойнике, с; n – показатель степени, характеризующей способность частиц к агрегации при отстаивании в покое (для шахтных вод $n=0,35$ [8])

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

$$T = t \cdot \left(\frac{H}{h} \right)^n. \quad (10)$$

Результаты расчета по определению количества взвешенных веществ, выпадающих на дно отстойника, в зависимости от изменения продолжительности процесса отстаивания на различных высотах слоя жидкости представлены в табл. 5.

По вычисленным значениям T и соответствующему им количеству выпавших частиц взвеси (P) можно построить кривые выпадения взвешенных веществ на различных глубинах, соответствующих рабочим высотам перегородок предлагаемого отстойника (рис. 2, кривые 2-9). Кривая 1 характеризует продолжительность отстаивания частиц взвешенных веществ в стационарных условиях при установленной 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:

$$U_0 = \frac{H}{T}. \quad (11)$$

Таблица 5

Зависимость эффекта осветления сточной воды от продолжительности процесса отстаивания при различной высоте слоя жидкости в усовершенствованном отстойнике

Эффект осветления воды (P), %	Продолжительность отстаивания T, с, при высоте слоя жидкости H _i , м							
	1,14	2,6	4,0	5,45	6,9	8,3	9,8	11,2
10	390	520	605	674	732	781	827	867
24	1169	1560	1814	2021	2195	2342	2482	2601
35	1999	2668	3102	3457	3754	4005	4245	4448
45	3772	5034	5853	6522	7084	7557	8009	8392
50	4676	6240	7256	8085	8781	9368	9929	10404
55	7092	9465	11005	12263	13318	14208	15059	15779
60	9352	12481	14512	16171	17563	18736	19858	20808
73	23380	31202	36279	40427	43907	46840	49644	52019

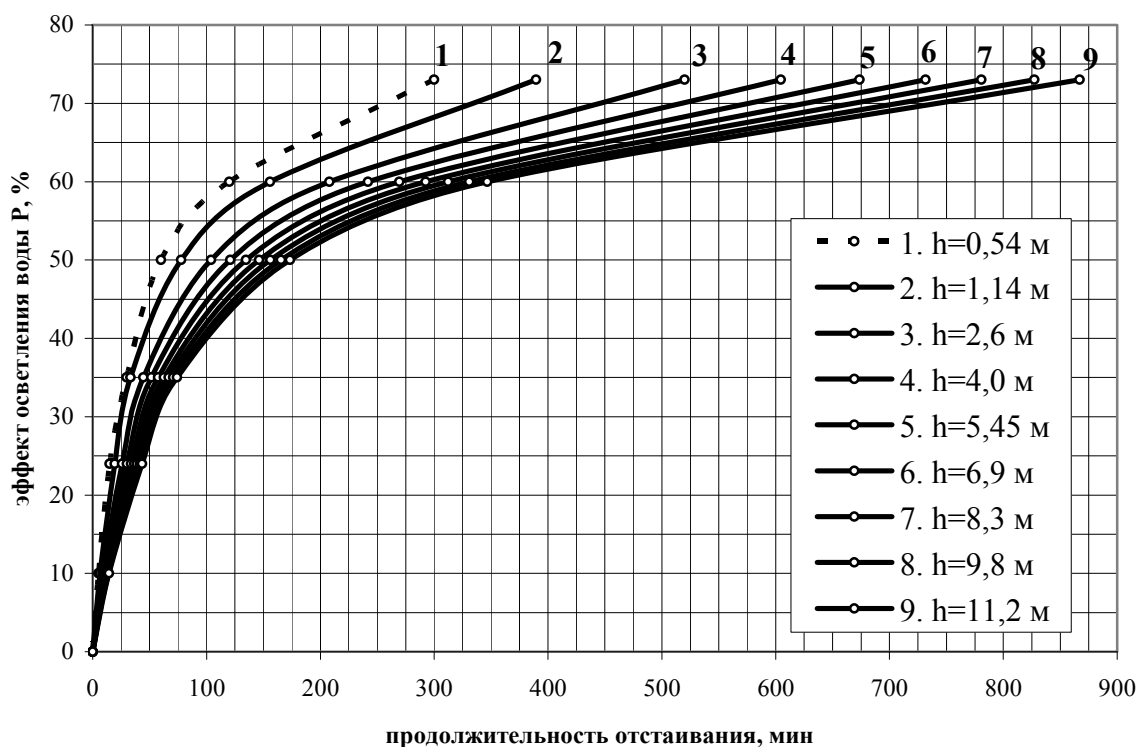


Рис. 2 Графики изменения эффекта осветления воды, содержащей взвешенные вещества, от продолжительности процесса отстаивания при различной высоте слоя жидкости

Значения гидравлической крупности частиц при заданном эффекте осветления (очистки) воды при различной высоте слоя жидкости представлены в табл. 6.

Найденные расчетным путем величины гидравлической крупности частиц взвешенных веществ U_0 , мм/с, характеризуют параметры усовершенствованного отстойника натуральных размеров. На рис. 3 приведены зависимости эффекта осветления сточных вод, содержащих взвешенные вещества, от скорости осаждения (гидравлической крупности) частиц взвеси U_0 в стационарных условиях для параметров предлагаемого отстойника.

Таблица 6

Зависимость эффекта осветления воды, содержащей взвешенные вещества, от скорости осаждения частиц взвеси (гидравлической крупности) при различной высоте слоя жидкости

Эффект осветления воды (P), %	Гидравлическая крупность частиц взвеси, U_0 , мм/с, при высоте слоя жидкости H_i , м							
	1,14	2,6	4,0	5,45	6,9	8,3	9,8	11,2
10	2,923	5	6,612	8,086	9,43	10,63	11,85	12,918
24	0,975	1,67	2,205	2,697	3,144	3,544	3,95	4,306
35	0,57	0,975	1,29	1,577	1,838	2,072	2,306	2,518
45	0,302	0,517	0,683	0,836	0,974	1,098	1,224	1,335
50	0,244	0,417	0,551	0,674	0,786	0,886	0,987	1,077
55	0,161	0,275	0,364	0,444	0,518	0,584	0,651	0,71
60	0,122	0,208	0,276	0,337	0,393	0,443	0,494	0,538
73	0,049	0,083	0,11	0,135	0,157	0,177	0,197	0,215

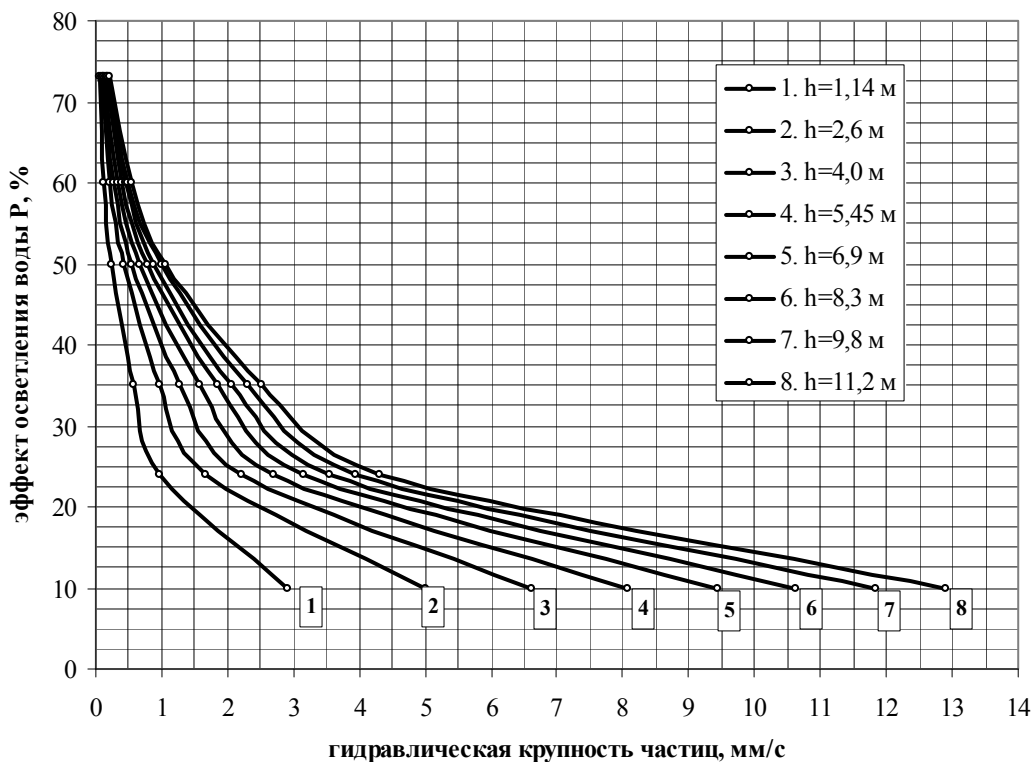


Рис. 3 Зависимости изменения эффекта осветления воды, содержащей взвешенные вещества, от скорости осаждения частиц взвеси (гидравлической крупности) при различной высоте слоя жидкости

Определение расстояния, на котором частицы взвешенных веществ различной гидравлической крупности выпадут на дно реального отстойника. Расстояние, на котором частицы взвешенных веществ выпадут на дно предлагаемого отстойника при задаваемом эффекте очистки (путем изменения величины гидравлической крупности частиц взвеси), согласно табл. 6, и указанной выше рабочей высоте перегородок h_i^p при $k=0,706$, что соответствует диаметру отверстий перегородок $d=9$ см, определяем по формуле:

$$L_{1,2} = \frac{b_i}{4 \cdot \text{ctg}\beta} \pm \sqrt{\left(\frac{b_i}{4 \cdot \text{ctg}\beta}\right)^2 - \frac{Q}{2 \cdot k \cdot U_0 \cdot \text{ctg}\beta}} \quad (12)$$

Результаты расчета расстояния L представлены в табл. 7.

Таблица 7

Расстояние, на котором частицы взвеси различной гидравлической крупности выпадут на дно предлагаемого отстойника переменной глубины

Эффект осветления воды (P), %	Расстояние L, м, на котором частицы взвеси выпадут на дно отстойника при высоте перегородок $H_i = h_i^P$, м						
	1,14	2,6	4,0	5,45	6,9	8,3	9,8
10	3,7	5,74	8,1	10,54	13	15,49	17,99
24	6,38	7,34	9,39	11,67	14,06	16,53	19,04
35	9,91	9,25	10,89	12,99	15,31	17,77	20,3
45	49,15	14,78	14,94	16,49	18,61	21,16	24
50	50,89	21,76	18,01	19,01	21,05	23,98	44,76
55	55,14	50,24	48,55	47,63	47,13	46,85	46,72
60	58,7	52,81	50,71	49,56	48,93	48,57	48,38
73	75,66	65,4	61,35	59,19	57,9	57,1	56,58

Примечание: Здесь L характеризует расстояния от места впуска сточной воды в предлагаемом отстойнике до каждой i-той перегородки соответствующей высоты h_i^P , причем его общая длина составила $L_{\text{общ}}=20$ м.

Приведенные в табл. 7 результаты целесообразно представить в виде зависимостей изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от расстояния, на котором они выпадут на дно отстойного сооружения при заданном эффекте очистки и высоте его перегородок для параметров предлагаемого усовершенствованного отстойника (рис. 4).

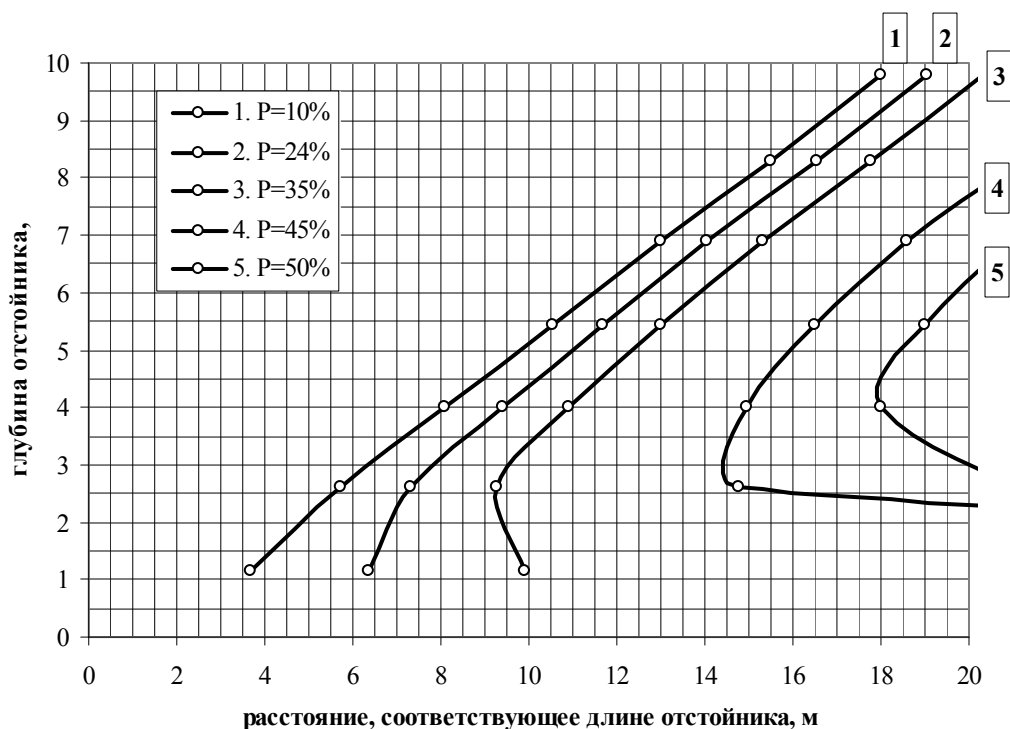


Рис. 4 Зависимости изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от расстояния L при заданном эффекте очистки и высоте уровня воды

Полученные зависимости изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от расстояния, на котором они выпадут на дно предлагаемого усовершенствованного отстойника при заданном эффекте очистки и высоте уровня воды удобно аппроксимировать полиномом второго порядка, т.е. ветвью параболы:

- при P=10% $y = -0,0032 \cdot x^2 + 0,6674 \cdot x - 1,2165$, $R^2 = 0,9997$;
- при P=24% $y = -0,0143 \cdot x^2 + 1,0123 \cdot x - 4,3913$, $R^2 = 0,995$;
- при P=35% $y = -0,0278 \cdot x^2 + 1,5113 \cdot x - 9,5835$, $R^2 = 0,9762$;
- при P=45% $y = -0,0306 \cdot x^2 + 1,8873 \cdot x - 17,805$, $R^2 = 0,981$;
- при P=50% $y = -0,0353 \cdot x^2 + 2,4713 \cdot x - 30,04$, $R^2 = 0,8797$.

Воспользовавшись полученными зависимостями, можно определить глубину осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности в месте выпуска осветленной жидкости в водосливной карман, расположенный на задней торцевой стенке предлагаемого усовершенствованного отстойника (при заданной общей длине отстойного сооружения $L_{\text{общ}}=20$ м). Результаты расчетов представлены в табл. 8 и на рис. 5.

Таблица 8

Глубина осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности при заданной величине эффекта очистки воды и длине отстойника

Эффект осветления воды (P), %	Глубина осаждения частиц взвеси h_i , м
10	10,85
24	10,14
35	9,52
45	7,7
50	5,27

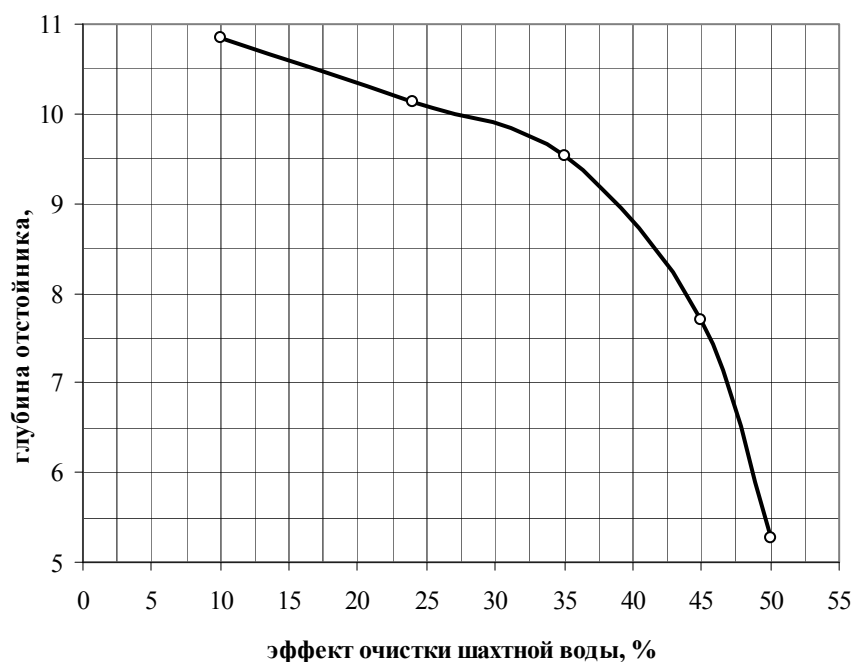


Рис. 5 Зависимость изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности от величины эффекта очистки шахтной воды при заданной длине отстойника

Полученную на рис. 5 зависимость изменения глубины осаждения частиц взвеси различной гидравлической крупности и эффективность очистки сточной воды при заданной длине отстойника также можно для наглядности представить полиномом второго порядка:

$$y = -0,0046 \cdot x^2 + 0,1525 \cdot x + 9,62, R^2 = 0,9595.$$

Эта зависимость позволяет ориентировочно определить на какой глубине окажутся частицы взвеси различной гидравлической крупности если эффект очистки воды превышает установленный в табл. 8. Так, при проектировании предлагаемого горизонтального отстойника усовершенствованной конструкции эффект очистки (осветления) шахтной воды составит

$P=65\%$. При этом частицы взвешенных веществ у задней торцевой стенки отстойного сооружения (в месте выпуска осветленной жидкости) окажутся на глубине $h=0,1$ м, что соответствует полученному эффекту очистки P .

Кроме того, оборудовав предлагаемый отстойник системами рационального впуска сточной воды через незатопленный струераспределительный лоток и выпуска осветленной жидкости (водосливной карман на торце отстойного сооружения), можно увеличить коэффициент использования объема проточной части предлагаемого отстойника K_{set} до 0,942, в то время как для традиционных горизонтальных отстойников данный показатель не превышает 0,5.

Вследствие установки по сечению предлагаемого отстойника промежуточных перфорированных перегородок происходит выравнивание горизонтальной скорости движения осветляемой воды по глубине с одновременным ее снижением по длине отстойного сооружения. Наличие перегородок обеспечивает увеличение траектории движения жидкости, а также придает потоку однонаправленный ламинарный характер течения, что позволяет повысить эффективность осветления (очистки) шахтной воды до 65% при обоснованных выше конструктивных параметрах отстойника, применительно к условиям водоотлива действующей шахты. Это практически вдвое выше эффективности очистки в традиционных горизонтальных отстойниках, установленных на угледобывающих предприятиях (в традиционных отстойниках эффект осветления воды составляет в среднем 30%).

Список литературы

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.Е., Куликова 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.