

Яромский В.Н., Яковциц М.В., Акулич Т.И.

ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ВОПРОСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

ВВЕДЕНИЕ

Механическая очистка сточных вод является предварительным этапом обработки воды. Задачи механической очистки заключаются в подготовке сточной воды к биохимической, химической или другим методам окончательной очистки сточных вод. Рациональный, технологически и экономически обоснованный выбор сооружений механической очистки приведет к улучшению работы сооружений биохимической очистки, уменьшению их размеров, снижению эксплуатационных затрат.

В нашей республике в настоящее время на канализационных очистных сооружениях в небольших населенных пунктах биологическая очистка сточных вод осуществляется на полях фильтрации или полях орошения. Бытовые сточные воды содержат значительное число патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов. Поэтому при устройстве и эксплуатации полей любого типа должны соблюдаться определенные санитарные требования. В частности, перед подачей воды на поля орошения или фильтрации она должна пройти предварительную обработку на сооружениях механической очистки сточных вод, обеспечивающую наряду с выделением грубодисперсных примесей и значительное снижение числа патогенных микроорганизмов в воде. Однако в настоящее время на большинстве очистных сооружений в небольших населенных пунктах сооружения механической очистки имеют сильный износ и морально устарели, что отрицательно сказывается на выполнении ими своих функций. Целью данной работы является исследование и анализ альтернативных сооружений механической очистки сточных вод небольшой производительности.

АНАЛИЗ СООРУЖЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Количество песка, задерживаемого сооружениями механической очистки, определяется числом жителей населенного пункта, обслуживаемых канализацией, и нормой осадения песка, приходящейся на одного жителя. Норма осадения песка регламентируется СНиП 2.04.03-85 [1] (п.6.31.) и для песка влажностью 60%, плотностью $1,5 \text{ т/м}^3$ (данные показатели соответствуют песку, задерживаемому в песколовках) составляет $0,02 \text{ л/сут.}$ на одного человека.

Для прогноза изменения количества песка, задерживаемого сооружениями механической очистки, на коммунальных очистных сооружениях населенных пунктов использовали показатель «приведенное число жителей» N_{np} , который определяется следующей формулой:

$$N_{np} = \frac{Q_{cp.cym} \cdot 1000}{n}, \quad (1)$$

где $Q_{cp.cym}$ – средний суточный расход сточных вод населенного пункта, $\text{м}^3/\text{сут.}$;

n – норма водоотведения, $\text{л}/(\text{сут.} \cdot \text{чел.})$.

Таким образом, количество песка задерживаемого сооружениями механической очистки, можно рассчитать по формуле:

$$Q_n = \frac{Q_{cp.cym} \cdot p}{n}, \quad (2)$$

где p – норма осадения песка, $\text{л}/(\text{сут.} \cdot \text{чел.})$.

Анализируя формулу (2), можно сделать вывод о том, что количество задерживаемого песка определяется среднесуточным расходом сточных вод населенного пункта и зависит от степени его благоустройства, т.е. от нормы водоотведения. Из графика, изображенного на рис.1, видно – чем ниже степень благоустройства населенного пункта, тем больше песка образуется и задерживается на коммунальных очистных сооружениях.

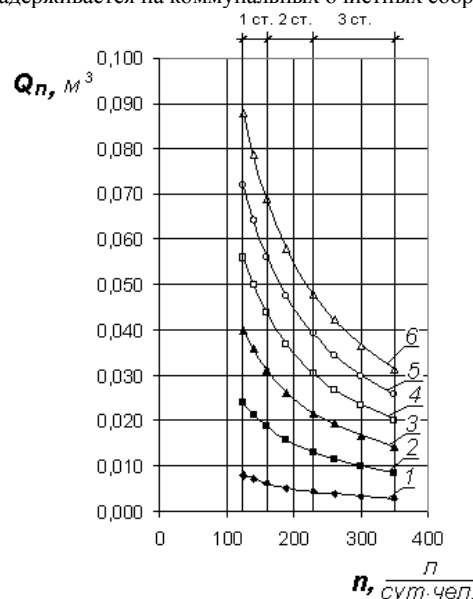


Рис. 1. Количество песка, задерживаемого коммунальными очистными сооружениями, в сутки в зависимости от среднесуточного расхода сточных вод и степени благоустройства населенного пункта: 1 – $Q_{cp.cym} = 50 \text{ м}^3/\text{сут.}$; 2 – $Q_{cp.cym} = 150 \text{ м}^3/\text{сут.}$; 3 – $Q_{cp.cym} = 250 \text{ м}^3/\text{сут.}$; 4 – $Q_{cp.cym} = 350 \text{ м}^3/\text{сут.}$; 5 – $Q_{cp.cym} = 450 \text{ м}^3/\text{сут.}$; 6 – $Q_{cp.cym} = 550 \text{ м}^3/\text{сут.}$

На сегодняшний день на существующих канализационных очистных сооружениях в небольших населенных пунктах распространена технологическая схема, предусматривающая полную биологическую очистку на полях фильтрации. Сточные воды перед биологической очисткой должны подвергаться механической очистке в септиках при расходе не более $25 \text{ м}^3/\text{сут.}$ или на решетках, песколовках, а также отстаиванию в течение не менее 30 мин. [2]. Однако в процессе эксплуатации большинство сооружений механической очистки пришли в негодность: разрушены подводные и отводящие лотки, имеются механические повреждения бортов, не функционирует система удаления осадка. В связи с этим возникает необходимость в реконструкции, а зачастую и в полной замене данных сооружений.

Яромский Виктор Николаевич, к.т.н., заведующий лабораторией «Гидроэкологии и экотехнологий» Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси.

Яковциц Михаил Владимирович, к.т.н., научный сотрудник Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси.

Акулич Татьяна Ивановна, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, г. Брест, 224017, ул. Московская, 267.

Таблица 1. Пропускная способность открытых гидроциклонов с конической диафрагмой и внутренним цилиндром в зависимости от удельной гидравлической нагрузки

№ п/п	Диаметр частиц, мм	Гидравлическая крупность U_0 , мм/с	Удельная гидравлическая нагрузка q_{hc} , м ³ /(м ² ·ч)	Производительность Q_{hc} , м ³ /ч, гидроциклонов при различных диаметрах рабочей части				
				0,5 м	1 м	1,5 м	2 м	2,5 м
1	0,05	2,0	14,3	2,8	11,2	25,2	44,8	69,9
2	0,10	5,9	42,1	8,3	33,0	74,3	132,1	206,3
3	0,15	13,2	94,1	18,5	73,9	166,2	295,4	461,6
4	0,20	18,7	133,3	26,2	104,6	235,4	418,5	654,0
5	0,25	24,2	172,5	33,9	135,4	304,7	541,6	846,3

Таблица 2. Гидравлическая крупность частиц, задерживаемых открытыми гидроциклонами с различной производительностью

№ п/п	Диаметр гидроциклона, D , м	Удельная гидравлическая нагрузка, q_{hc} , м ³ /(м ² ·ч) и гидравлическая крупность задерживаемых частиц U_0 , мм/с при различных производительностях гидроциклонов, Q_{hc} , м ³ /ч									
		7		10		14		16		20	
		q_{hc}	U_0	q_{hc}	U_0	q_{hc}	U_0	q_{hc}	U_0	q_{hc}	U_0
1											
2	0,5	35	4,91	50	7,01	70	9,82	80	11,22	100	14,03
3	1	8,86	1,24	12,66	1,78	17,72	2,49	20,25	2,84	25,32	3,55
4	1,5	3,95	0,55	5,65	0,79	7,91	1,11	9,04	1,27	11,3	1,59
5	2	2,23	0,31	3,18	0,45	4,46	0,63	5,1	0,72	6,37	0,89
6	2,5	1,43	0,2	2,04	0,29	2,85	0,4	3,26	0,46	4,07	0,57
7	3	0,99	0,14	1,41	0,2	1,98	0,28	2,26	0,32	2,83	0,4

Таблица 3. Показатели работы двухъярусного отстойника диаметром $D = 6$ м (типовой проект 902-2-73)

Подача сточных вод, м ³ /ч	Максимальный расход сточных вод, л/с	Площадь живого сечения желобов, м ²	Полезный объем желобов, м ³	Необходимое число отстойников
7	7,8	2,4	25,7	≈2
10	7,0	3,5	37,8	≈2
14	9,8	4,9	52,7	≈3
16	11,0	5,5	59,4	≈3
20	13,9	6,9	75,1	≈4

Примечания: 1. Площадь живого сечения желобов определена при скорости движения сточных вод в желобе 2 мм/с. 2. Необходимое число отстойников принято из условия обеспечения отстаивания в течение 1,5 ч.

Альтернативным вариантом при решении вопроса механической очистки сточных вод является использование сооружений и оборудования, действие которых основано на использовании центробежных сил. К таким аппаратам относятся открытые гидроциклоны. Для данных аппаратов характерны небольшие скорости входа, небольшое гидравлическое сопротивление и большая производительность. Также использование этих аппаратов позволяет сократить в 3 - 5 раз капитальные затраты и на 20 - 40% эксплуатационные расходы, уменьшить в несколько раз необходимые площади, а также увеличить эффект очистки от механических примесей до 70% по сравнению с применением традиционных сооружений механической очистки.

При реконструкции существующих сооружений механической очистки за расчетные расходы необходимо принимать производительность рабочих насосов существующих канализационных насосных станций, осуществляемых подачу сточных вод на очистные сооружения населенных пунктов. Канализационные насосные станции небольших населенных пунктов в основном оборудуются погружными насосами с небольшой производительностью. В соответствии с каталогом БелНасосПром [3] для погружных канализационных насосов характерны следующие типовые минимальные производительности 7, 10, 14, 16, 20 м³/ч.

Удельная гидравлическая нагрузка для открытых гидроциклонов определяется по формуле:

$$q_{hc} = 3,6K_{hc}u_0, \quad (3)$$

где q_{hc} – удельная гидравлическая нагрузка, м³/(м²·ч);

K_{hc} – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа гидроциклона и для гидроциклонов с конической диафрагмой и внутренним цилиндром равный 1,98;

u_0 – гидравлическая крупность частиц, которые необходимо выделить для обеспечения требуемого эффекта, мм/с.

Гидравлическая крупность песка зависит от диаметра частиц. Удельная гидравлическая нагрузка для открытых гидроциклонов с конической диафрагмой и внутренним цилиндром будет изменяться в зависимости от расчетной гидравлической крупности задерживаемых частиц. Производительность (пропускная способность) гидроциклонов изменяется пропорционально удельной гидравлической нагрузке и диаметру аппарата. Численные значения показателей приведены в таблице 1.

Сопоставляя пропускную способность открытых гидроциклонов, приведенную в таблице 1, с производительностью погружных насосов, которыми в основном оборудуются канализационные насосные станции небольших населенных пунктов можно сделать следующий вывод. Для осуществления механической очистки при реконструкции действующих и проектировании новых коммунальных очистных сооружений небольших населенных пунктов оптимальным вариантом является применение открытых гидроциклонов диаметром 1 м, которые будут обеспечивать эффективную очистку сточных вод от минеральных примесей гидравлической крупностью 2,0 - 24,2 мм/с в диапазоне расходов от 10 до 140 м³/ч.

Перспективным направлением механической очистки сточных вод перед полями фильтрации является установка открытых гидроциклонов с конической диафрагмой и внутренним цилиндром вместо сооружений для отстаивания.

Таблица 4. Значения скоростей сточных вод на входе в гидроциклон

Подача сточных вод, м ³ /ч	Скорость, м/с, при 1-м вводе диаметром			Скорость, м/с, при 2-х вводах диаметром			Скорость, м/с, при 3-х вводах диаметром		
	50 мм	100 мм	150 мм	50 мм	100 мм	150 мм	50 мм	100 мм	150 мм
7	0,99	0,25	0,11	0,50	0,12	0,06	0,33	0,08	0,04
10	1,42	0,35	0,16	0,71	0,18	0,08	0,47	0,12	0,05
14	1,98	0,50	0,22	0,99	0,25	0,11	0,66	0,17	0,07
16	2,26	0,57	0,25	1,13	0,28	0,13	0,75	0,19	0,08
20	2,83	0,71	0,31	1,42	0,35	0,16	0,94	0,24	0,10

Гидроциклон данной конструкции может применяться для выделения всплывающих и оседающих грубодисперсных примесей гидравлической крупностью более 0,2-0,3 мм/с [2]. В таблице 2 приведены данные по гидравлической крупности частиц, задерживаемых данными гидроциклонами в зависимости от пропускной способности и диаметра гидроциклона.

Таким образом, зная производительность гидроциклона и гидравлическую крупность частиц, которые требуется удалить для достижения требуемого эффекта очистки, можно применить гидроциклон необходимого диаметра.

В традиционной схеме перед полями фильтрации при расходе сточных вод более 25 м³/сут. устраиваются двухъярусные отстойники. Исходя из рекомендаций [1], продолжительность пребывания сточных вод в желобах двухъярусных отстойников составляет 1,5 ч, а глубина проточной части не более 1,5 м. При данных показателях гидравлическая крупность задерживаемых частиц составляет 0,28 мм/с. В таблице 3 приведены показатели работы двухъярусного отстойника диаметром $D = 6$ м (типовой проект 902-2-73) и их количество в зависимости от максимального расхода сточных вод.

Таким образом, сопоставляя данные таблиц 2 и 3, видно, что для задержания мелких частиц с гидравлической крупностью 0,2-0,9 мм/с могут успешно применяться гидроциклоны диаметром 2,5-3 м в количестве не более 2 шт., в то время как для получения аналогичных результатов требуется 2-4 двухъярусных отстойника диаметром 6 м.

Одним из существенных факторов, влияющих на эффективность процессов, происходящих в гидроциклонах, является скорость впуска воды в гидроциклон, которая зависит от подачи сточных вод, количества и диаметров впускных патрубков. Значения скоростей сточных вод на входе в гидроциклон в зависимости от подачи сточных вод, количества и диаметра подводных патрубков приведены в таблице 4.

Рекомендуемая скорость впуска сточных вод в гидроциклон должна соответствовать 0,1 - 0,5 м/с [2]. Анализируя результаты расчетов скоростей впуска в рассматриваемом диапазоне подачи сточных вод, приведенные в таблице 4, оптимальным количеством впусков и их диаметром является 2 впуска

диаметром 100 мм (при данных конструктивных параметрах условие скоростей на впуске в гидроциклон будет соблюдаться при увеличении подачи сточных вод до 30 м³/час).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены актуальные вопросы реконструкции сооружений механической очистки сточных вод в небольших населенных пунктах. Предложена альтернативная схема очистки с использованием открытых гидроциклонов. На основании проведенного анализа работы сооружений различных схем можно сделать следующие выводы:

1. При реконструкции канализационных очистных сооружений в небольших населенных пунктах вместо широко распространенных типовых сооружений механической очистки сточных вод рекомендуется использовать открытые гидроциклоны.
2. Открытые гидроциклоны функционально могут заменить приемную камеру, песколовки и отстойные сооружения, применяемые в традиционных схемах, что приведет к сокращению капитальных и эксплуатационных затрат с одновременным повышением эффекта очистки.
3. В зависимости от типа реконструируемого сооружения предлагается использовать открытые гидроциклоны диаметром 1 или 2,5-3 м с двумя впусками диаметром 100 мм.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 72 с.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с. - (Справочник проектировщика).
3. Справочник по энергооборудованию./ Сост. А.П. Пименов, В.С. Пономаренко, В.Д. Кучинский. – Мн.: Экоперспектива, 2004. – 104 с.

УДК 628.094.3

Житнев Б.Н., Лычук Т.П.

КИНЕТИКА УДАЛЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ФОТОХИМИЧЕСКИМ ОКИСЛЕНИЕМ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ И ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА

ВВЕДЕНИЕ

Как отмечалось ранее [1], поверхностные воды Белорусского Полесья имеют высокую цветность, обусловленную содержанием в них гумусовых соединений, что препятствует использованию такой воды для нужд технического водоснабжения.

Фракционный состав гумусовых веществ оказывает суще-

ственное влияние на обесцвечивание их природными коагулянтами [2-3] и окислительными методами. Так, окисление гумусовых соединений хлором приводит к образованию хлорорганических соединений, способствующих ухудшению санитарно-гигиенических показателей качества воды [4-9]. Применение же озона позволяет эффективно удалять гумусовые

Житнев Борис Николаевич, к.т.н., зав. каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Лычук Татьяна Петровна, аспирантка каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, г. Брест, 224017, ул. Московская, 267.