



УДК 628.16

Бусарев Андрей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: redel1@myrambler.ru

Шешегова Ирина Геннадьевна

старший преподаватель

E-mail: ig-7@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Степанов Вадим Олегович

инженер

E-mail: 03101995-data@ro.ru

ООО «Строительная компания»

Адрес организации: 420029, Россия, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, д. 34 А

Некоторые аспекты очистки стоков, образующихся при промывке скорых фильтров

Аннотация

Постановка задачи. При подготовке природных и сточных вод часто используются скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой. При промывке скорых фильтров с зернистой загрузкой образуются сточные воды, объем которых составляет 10-20 % от производительности фильтровальной станции. Концентрация взвешенных веществ в промывных стоках сильно колеблется и достигает, согласно литературных источников, 1200-1500 мг/л. Данная статья посвящена очистке промывных стоков от взвешенных веществ. Цель исследований – выявить качественные показатели промывных стоков скорых напорных фильтров с зернистой загрузкой, а также разработать технологию их очистки.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении качественных показателей в промывных стоках скорых фильтров в зависимости от содержания в исходной и очищенной воде взвешенных веществ, при различных технологических режимах промывки.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительства и жилищно-коммунального хозяйства заключается в определении качественных показателей промывных стоков скорых напорных фильтров, а также в разработке технологии их очистки, что позволит использовать промывные стоки в системах подготовки природных вод, а также сократить сброс загрязненных промывных стоков скорых фильтров в поверхностных источниках или системы водоотведения населенных пунктов.

Ключевые слова: промывные стоки скорых напорных фильтров, очистка промывных стоков скорых напорных фильтров, установка очистки промывных стоков, качественные характеристики промывных стоков, сокращение сброса промывных стоков.

Введение

При подготовке природных и сточных вод часто используются скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой. Фильтрующая загрузка у данных аппаратов может быть одно или многослойная [1, 2]. В скорых напорных фильтрах вода движется обычно сверху вниз. Регенерация их фильтрующего слоя осуществляется с помощью водяной или водовоздушной промывки. Для этих целей фильтрат или водопроводная вода, которая подается из специальной емкости насосами [1-3]. Водовоздушная промывка используется только в фильтрах с однослойной зернистой загрузкой [1, 3]. При промывке скорых фильтров с зернистой загрузкой образуются сточные воды, объем которых составляет 10-20 % от производительности фильтровальной станции [4]. Концентрация взвешенных веществ в промывных стоках, по данным СП 31.13330.2012 и [1, 2, 5], достигает 1200-1500 мг/л. При этом в ходе промывки концентрация взвеси в промывных стоках сильно колеблется [5].

Описание экспериментальной установки

На кафедре «Водоснабжения и водоотведения» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) проводились исследования по изучению качественных характеристик промывных стоков скорых напорных фильтров. Технологическая схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В состав установки входят емкость 1, модель скорого напорного фильтра 2, насос Н-1, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, а также система контрольно-измерительных приборов (КИП). Вода из водопровода по трубопроводу 3 поступает в емкость 1, откуда она насосом Н-1 по трубопроводу 4 подается в модель скорого напорного фильтра 2. Во всасывающую линию насоса Н-1 по трубопроводу 5 подается суспензия, искусственно загрязняющая водопроводную воду. Расход воды, поступающий в модель фильтра 2, измеряется с помощью расходомера Р-1. Трубопровод 4 оборудован манометром М-1 для контроля давления на входе в модель фильтра 2, а также пробоотборником ПР-1 для отбора проб воды, поступающей на очистку.

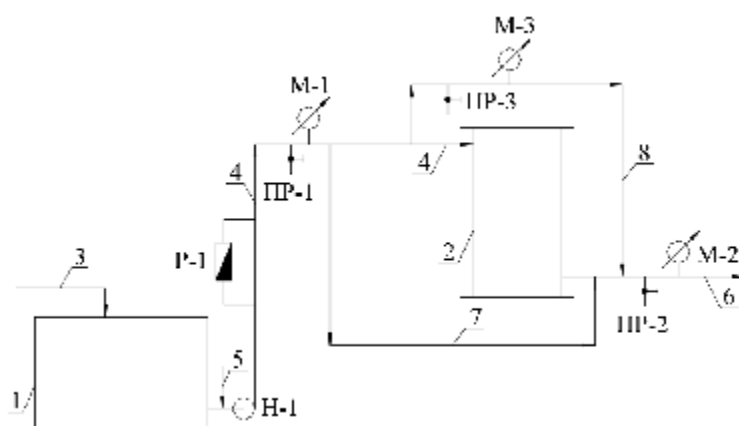


Рис. 1. Технологическая схема экспериментальной установки

Схема загрузки модели скорого фильтра представлена на рис. 2.

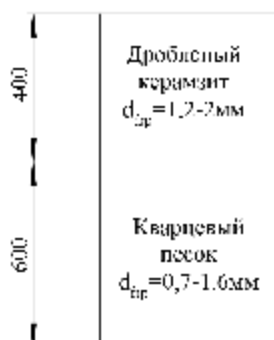


Рис. 2. Схема загрузки модели скорого напорного фильтра

Очищенная вода под остаточным давлением отводится в канализацию по трубопроводу 6. Этот трубопровод оборудован манометром М-2 для измерения давления на выходе из напорного фильтра 2, а также пробоотборником ПР-2 для отбора проб очищенной воды.

Промывка модели фильтра осуществляется водопроводной водой, которая подается насосом Н-1 из емкости 1 по трубопроводу 7. Вода на промывку в модель фильтра 2 подается под давлением, равным рабочему давлению на входе в этот аппарат.

Загрязненные промывные стоки отводятся от модели фильтра 2 под остаточным давлением по трубопроводу 8 в канализацию. Трубопровод 8 оборудован манометром М-3

для измерения остаточного давления промывных стоков, а также пробоотборником ПР-3 для отбора проб этих сточных вод. После 8 часов работы модели фильтра 2 осуществляется его промывка в течение 10 минут [3]. Через 2 минуты после начала промывки отбирается проба воды из пробоотборника ПР-3. Данная операция повторяется с интервалом 2 минуты в течение всей промывки.

Результаты исследований

В отобранных пробах воды определялась концентрация взвешенных веществ весовым методом по методике, изложенной в работе [6].

Результаты исследований представлены в табл. 1-1а.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№	Давление, МПа		Скорость фильтрования, м/ч	Интенсивность промывки, л/(с·м ²)	Концентрация взвеси, мг/л	
	на входе в скорый фильтр	на выходе из скорого фильтра			в исходной воде	в очищенной воде
1	2	3	4	5	6	7
1	0,2	0,16	7	14	45	9
					44	9
					46	10
	0,21	0,17	7	15	49	10
					45	9
					48	10
0,19	0,15	7	16	50	10	
				51	11	
				47	10	
2	0,19	0,16	8	14	52	10
					46	10
					48	10
	0,21	0,15	8	15	50	11
					47	10
					45	10
0,2	0,17	8	16	47	10	
				51	11	
				46	10	
3	0,18	0,14	9	14	50	15
					47	14
					48	14
	0,2	0,16	9	15	51	16
					47	16
					46	15
0,19	0,16	9	17	48	16	
				49	17	
				46	17	

Таблица 1а

Результаты экспериментальных исследований (продолжение)

№	Давление при промывке, МПа		Концентрация взвеси, мг/л,				
	на входе в скорый фильтр	на выходе из скорого фильтра	через 2 мин	через 4 мин	через 6 мин	через 8 мин	через 10 мин
1	8	9	10	11	12	13	14
1	0,21	0,15	1237	1135	829	584	98
	0,19	0,16	1189	997	734	513	71
	0,2	0,16	1106	874	642	469	52
2	0,2	0,15	1184	1086	775	525	89
	0,21	0,15	1102	951	683	486	67
	0,21	0,16	1063	812	606	420	48
3	0,21	0,16	1111	1010	721	492	75
	0,19	0,15	1028	882	637	419	59
	0,19	0,16	984	737	562	370	44

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

- а) концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку, находилась в пределах 44-51 мг/л, а содержание взвеси в очищенной воде не превышало 9-17 мг/л;
- б) концентрация взвешенных веществ в промывных стоках находится в пределах от 44 до 1237 мг/л;
- в) по ходу промывки фильтрующей загрузки скорых напорных фильтров концентрация взвеси в промывных стоках снижается почти в 30 раз;
- г) увеличение скорости фильтрования ведет к снижению содержания взвеси в промывных стоках;
- д) с ростом интенсивности промывки концентрация взвеси в стоках от промывки скорых напорных фильтров уменьшается.

Установки очистки промывных стоков

Перед очисткой промывных стоков необходимо их усреднение по концентрации.

Согласно СП 31.13330.2012 образующиеся при промывке скорых фильтров стоки рекомендуется очищать методом отстаивания в песколовках и горизонтальных отстойниках.

Авторы работы [5] предлагают использовать для очистки промывных стоков барабанные вакуум-фильтры, куда эти сточные воды направляются после усреднения их концентрации.

Компания «Waterman» для очистки промывных стоков предлагает использовать осветлители со взвешенным слоем или тонкослойные отстойники [7].

Авторы работ [8-11] считают, что для очистки стоков от взвеси, в том числе и промывных, возможно использовать напорные гидроциклоны.

КГАСУ также ведет исследования процессов очистки сточных вод от промывки скорых фильтров в напорных двухпродуктовых цилиндрических гидроциклонах, диаметр которых составляет от 40 мм до 100 мм.

В этих аппаратах под действием сил центробежного поля, возникающего за счет тангенсального ввода воды в цилиндрический корпус напорных гидроциклонов, взвешенные вещества, как более тяжелая фаза, отбрасываются к их стенкам и вместе с частью воды выводятся через нижние сливные отверстия напорных гидроциклонов (нижний слив). Очищенная вода восходящим аксиальным потоком выносится через верхние сливные отверстия напорных гидроциклонов (верхний слив) [12].

Напорные гидроциклоны могут работать со свободным изливом, когда вода с их сливов поступает в безнапорный резервуар, или с противодействием на сливах, если в этом резервуаре поддерживается избыточное давление [12]. При работе с противодействием на сливах, разность давлений на входе в напорные гидроциклоны и на выходе из этих аппаратов, по данным КГАСУ, должна быть не менее 0,2 МПа, что обеспечивает достаточно высокую эффективность очистки стоков от взвешенных веществ. Кроме того, данный режим работы напорных гидроциклонов позволяет осуществлять транспортировку очищенной воды и шлама на достаточно большие расстояния.

Для повышения производительности напорных гидроциклонов их объединяют в батареи, в которых данные аппараты устанавливаются по два в ряд или по кругу. К сожалению, напорные гидроциклоны являются малоинерционными аппаратами, т.е. даже незначительное изменение технологических параметров значительно влияет на режим и эффективность их работы [12]. Чтобы избежать этого в КГАСУ были разработаны установки типа «блок гидроциклон-отстойник» (БГО), в которых вода после обработки ее в напорных гидроциклонах направляется в отстойники различных конструкций. При этом на дополнительную очистку от взвешенных веществ в отстойники направляется верхний слив гидроциклонов (очищенная вода). Нижний слив гидроциклонов (вода сильно загрязненная взвешенными веществами – шлам) отводится на песковые площадки, в песковые бункера или другие типы шламонакопителей.

В установках типа БГО, где используются горизонтальные или вертикальные отстойники, которые работают в напорном или безнапорном режиме, концентрация взвешенных веществ в сточной воде может быть снижена с 200 мг/л до 50 мг/л [12].

Использование для установок типа «блок гидроциклон-отстойник» горизонтальных отстойников позволяет эффективно осуществлять очистку сточных вод от взвешенных веществ. Применение для аппаратов типа БГО вертикальных отстойников упрощает процесс удаления из них осадка, образующегося в процессе очистки промывных стоков от взвеси. На рис. 3 представлена схема установки типа БГО, которая может быть использована для очистки промывных стоков от взвешенных веществ. В состав установки типа БГО входят батарея напорных гидроциклонов конструкции КГАСУ 1 и напорный горизонтальный тонкослойный отстойник 2. Промывные стоки под избыточным давлением по трубопроводу 3 подаются в установку типа БГО. Нижний слив гидроциклонов под избыточным давлением отводится от батареи 1 в шламонакопитель по трубопроводу 4. Верхний слив гидроциклонов под избыточным давлением по трубопроводу 5 поступает в отстойник 2. Отстойник 2 перегородками разделен на три отсека: отсек с предварительного отстаивания 6, отсек с тонкослойным блоком 7 и отсек дополнительного отстаивания 8. В отсеке 6 размещается распределительная система 9, которая представляет собой коллектор с двойными ответвлениями. На них в шахматном порядке располагаются отверстия. В отсеке 7 размещается тонкослойный блок, а в отсеке 8 – система сбора очищенной воды 10, которая представляет собой перфорированный трубопровод. Очищенная вода под остаточным давлением отводится из отстойника 2 по трубопроводу 11. Осадок, накапливающийся в отстойнике 2, под избыточным давлением периодически отводится по трубопроводу 12. Данная установка позволяет снизить в промывных стоках концентрацию взвешенных веществ с 1200 мг/л до 40 мг/л.

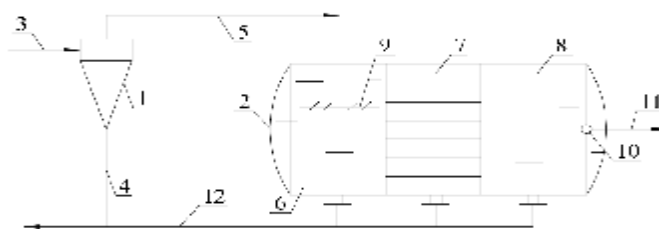


Рис. 3. Технологическая схема установки типа БГО

Отстойник 2 перегородками разделен на три отсека: отсек с предварительного отстаивания 6, отсек с тонкослойным блоком 7 и отсек дополнительного отстаивания 8. В отсеке 6 размещается распределительная система 9, которая представляет собой коллектор с двойными ответвлениями. На них в шахматном порядке располагаются отверстия. В отсеке 7 размещается тонкослойный блок, а в отсеке 8 – система сбора очищенной воды 10, которая представляет собой перфорированный трубопровод. Очищенная вода под остаточным давлением отводится из отстойника 2 по трубопроводу 11. Осадок, накапливающийся в отстойнике 2, под избыточным давлением периодически отводится по трубопроводу 12. Данная установка позволяет снизить в промывных стоках концентрацию взвешенных веществ с 1200 мг/л до 40 мг/л.

Промывные стоки скорых напорных фильтров также могут быть очищены в установках типа «блок гидроциклон – цилиндрикоконические камеры - отстойник» (БГКО). В данной установке очистка сточной воды от взвешенных веществ осуществляется с использованием закрученных потоков. Концентрация взвешенных веществ в стоках снижается с помощью БГКО с 200 мг/л до 50 мг/л [12].

Еще одним аппаратом, который может использоваться для очистки промывных стоков скорых фильтров от взвешенных веществ является гидроциклонно-фильтровальная установка (ГФУ). Ее технологическая схема представлена на рис. 4.

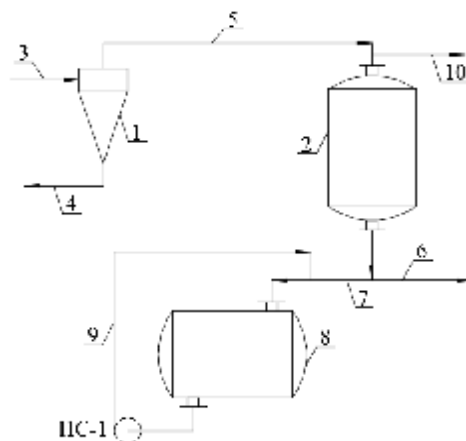


Рис. 4. Технологическая схема гидроциклонно-фильтровальной установки

Установка типа ГФУ включает батарею напорных гидроциклонов конструкции КГАСУ 1, скорый напорный фильтр с двухслойной зернистой загрузкой 2, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующую арматуру и насосы. Промывные стоки подаются в ГФУ под избыточным давлением по трубопроводу 3. Нижний слив гидроциклонов под избыточным давлением отводится в шламонакопитель по трубопроводу 4. Верхний слив гидроциклонов под избыточным давлением по трубопроводу 5 подается в скорый напорный фильтр 2. Очищенная вода под остаточным давлением отводится от ГФУ по трубопроводу 6. Часть очищенной воды по трубопроводу 7 под избыточным давлением поступает в емкость 8, откуда она насосом Н-1 по трубопроводу 9 подается на промывку фильтра 2. Загрязненная промывная вода под остаточным давлением отводится по трубопроводу 10. Она может смешиваться с промывными стоками, подаваемыми на очистку в ГФУ. Концентрация взвешенных веществ в промывных стоках снижается с помощью ГФУ со 150 мг/л до 10 мг/л.

Недостатком установки типа ГФУ является необходимость промывать скорые напорные фильтры, а значит и необходимость иметь для этого емкость для промывной воды и насос.

Заключение

Проведенные исследования показали, что в промывных стоках скорых напорных фильтрах концентрация взвешенных веществ не превышает 1250 мг/л. Очистка промывных стоков скорых фильтров от взвешенных веществ может эффективно производиться с использованием напорных цилиндрических гидроциклонов.

Список библиографических ссылок

1. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. М. : Стройиздат, 2005. 303 с.
2. Кичигин В. И. Водоотводящие системы промышленных предприятий. Самара : СГАСУ, 2004. 504 с.
3. Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Калицун В. И. Примеры расчетов канализационных сооружений. М. : Альянс, 2008. 255с.
4. Адельшин А. Б., Нуруллин Ж. С., Бусарев А. В., Шешегова И. Г., Хамидуллина А. А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 168–173.
5. Алферова Л. И., Курочкин Е. Ю., Дзюбо В. В. Использование промывных вод. Повторное использование промывных вод и утилизация осадка на станциях очистки подземных вод // Сантехника. 2006. № 1. С. 4–10.
6. Калицун В. И., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Алексеев Е. В. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод. М. : Стройиздат, 2000. 272 с.
7. Очистка и повторное использование промывной воды // сайт компании «Waterman». 2014. URL: <http://www.waterman.ru/articles/napravleniya-vodopodgotovki/ochistka-vody-istem-vodopodgotovki> (дата обращения: 14.09.18).
8. Nageswararao K., Medronho R. F. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis. *International Journal of Mineral Processing*. 2014. V. 132. P. 43–58.
9. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. *Minerals Engineering*. 2014. V. 62. P. 25–30.
10. Zhu G., Liov J. L. Experimental study of particle separation and the fishhook effect in mini hydrocyclone. *Chemical Engineering Science*. 2014. V. 111. P. 94–105.
11. Xu P., Wu Z., Mujumdar A. S., Yu B. Innovative hydrocyclone under designs to reduced wear in mineral dewatering processes. *Drying technology*. 2011. V. 27. P. 1–11.
12. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Урмитова Н. С., Береговая В. А., Минюшов Л. Р. Полноблочная установка гидродинамической очистки нефтепромысловых сточных вод с использованием закрученных потоков // Известия КГАСУ. 2013. № 4 (26). С. 192–201.

Busarev Andrey Valerevich

candidate of the technical sciences, assistant professor

E-mail: reder1@myrambler.ru**Sheshegova Irina Gennadijevna**

senior lecturer

E-mail: ig-7@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Stepanov Vadim Olegovich

engineer

E-mail: 03101995-data@ro.ru**LTD « Stroitel'naya kompaniya»**

The organization address: 420029, Russia, Kazan, Sibirskiy Trakt st., 34 A

Some aspects of wastewater treatment, formed during the washing of fast filters**Abstract**

Problem statement. In the preparation of natural and waste water, rapid pressure filters with granular loading are often used. When washing fast filters with granular loading, sewage is formed which amounts to 10-20 % of the capacity of the filter station. The concentration of suspended solids in washings varies greatly and reaches 1,200-1,500 mg/l according to literature sources. This article is devoted to the purification of washings from suspended solids. The purpose of the research is to reveal the qualitative characteristics of the washing effluents of the fast pressure filters with granular loading, and also to develop a technology for their purification.

Results. The main results of the study consist in determining the qualitative indices in the washing effluents of the fast filters, depending on the content of suspended solids in the initial and purified water under various technological washing regimes.

Conclusions. The significance of the results obtained for the housing and communal services is to determine the qualitative indicators of the washing effluents of the fast pressure filters and also to develop a technology for their purification that will allow the use of washings in the systems for the preparation of natural waters, as well as to reduce the discharge of contaminated washing effluents of the fast filters in surface sources or drainage system of settlements.

Keywords: wastewater of fast pressure filters, purification of washing effluents of fast pressure filters, purification waste water treatment plant, qualitative characteristics of washings, reduction of discharge of washings.

References

1. Kozhinov V. F. Purification of drinking and technical water. M. : Stroyizdat, 2005. 303 p.
2. Kichigin V. I. Drainage systems of industrial enterprises. Samara: SGASU, 2004. 504 p.
3. Laskov Yu. M., Voronov Yu. V., Kalitsun V. I. Examples of calculations of sewage facilities. M. : Al'yans, 2008. 255 p.
4. Adelshin A. B., Nurullin J. S., Busarev A. V., Sheshegova I. G., Khamidullina A. A. Some aspects of the drinking-water supply Kazan // Izvestiya KGASU. 2013. № 1 (23). P. 168–173.
5. Alferova L. I., Kurochkin Ye. Yu., Dzyubo V. V. Use of washing water. Reuse of washing water and utilization of sludge at groundwater treatment stations // Santekhnika. 2006. № 1. P. 4–10.
6. Kalitsun V. I., Laskov Yu. M., Voronov Yu. V., Alekseyev Ye. V. Laboratory workshop on wastewater disposal and treatment. M. : Stroyizdat, 2000. 272 p.
7. Purification and reuse of washing water // the site of the company «Waterman». 2014. URL: <http://www.waterman.ru/articles/napravleniya-vodopodgotovki/ochistka-vody-istem-vodopodgotovki> (reference date: 14.09.18).

8. Nageswararao K., Medronho R. F. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis. *International Journal of Mineral Processing*. 2014. V. 132. P. 43–58.
9. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. *Minerals Engineering*. 2014. V. 62. P. 25–30.
10. Zhu G., Liov J. L. Experimental study of particle separation and the fishhook effect in mini-hydrocyclone. *Chemical Engineering Science*. 2014. V. 111. P. 94–105.
11. Xu P., Wu Z., Mujumdar A. S., Yu B. Innovative hydrocyclone under designs to reduced wear in mineral dewatering processes. *Drying technology*. 2011. V. 27. P. 1–11.
12. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Urmitova N. S., Beregovaya V. A., Minyushov L. R. Full-block installation of hydrodynamic cleaning of oilfield sewage with the use of swirled flows // *Izvestiya KGASU*. 2013. № 4 (26). P. 192–201.