



ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Новые гидравлические фильтры, установки и устройства для очистки сточных вод предприятий теплоэнергетики

Буренин В. В., канд. техн. наук,
Сова А. Н., Кириллов Н. П., доктора техн. наук, Маринко А. Н.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Сутугин А. Н., директор филиала “ЦЭНКИ” — КБТХМ, Москва

Рассмотрены новые конструкции гидравлических фильтров, установок и устройств для очистки и обезвреживания промышленных сточных вод, отличающиеся улучшенными характеристиками. Приведены результаты анализа эффективности данных устройств.

Ключевые слова: промышленные сточные воды, очистка, обезвреживание, фильтр, устройство, установка, развитие, охрана окружающей среды, теплоэнергетическая установка.

Недостаточно очищенные сточные воды предприятий теплоэнергетики очень вредны: в них содержатся опасные для здоровья людей, а также для животного и растительного мира загрязняющие вещества различной физической и химической природы: взвешенные твердые и пластичные частицы, нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы, поверхностно-активные вещества и др. [1]. Мероприятия по очистке и обезвреживанию сточных вод приобретают еще большее значение, если учесть, что предприятия теплоэнергетики не только сбрасывают в окружающую среду сточные воды, но и являются большими потребителями природных пресных вод.

Замена природных пресных вод, расходующихся на технологические и энергетические нужды, очищенными производственными сточными водами позволяет ликвидировать дефицит водных ресурсов и предотвратить истощение запаса пресных вод. Один из наиболее радикальных путей решения проблемы оптимального потребления свежей пресной воды промышленными предприятиями — создание замкнутых систем водоснабжения, основанных на многократном использовании для производственных целей сточных вод, очищенных до норм, отвечающих требованиям к качеству технической воды. Кроме того, перед отведением в канализационные системы, системы оборотного водоснабжения, водоемы или на рельеф местности промышленные сточные воды должны быть очищены до предельно допустимых концентраций

(ПДК) вредных веществ. Наиболее уязвимы подземные воды, в которых со временем накапливаются загрязнения от плохо очищенных сточных вод.

В последние годы заметно возрос интерес российских и зарубежных фирм, производящих технику для очистки и обезвреживания сточных вод, к созданию новых гидравлических фильтров, установок и устройств с высокими технико-экономическими показателями.

Удобный в эксплуатации механический фильтр [2] для очистки сточных вод от взвешенных твердых и пластичных частиц загрязнений со сменным фильтрующим модулем отличается простотой конструкции (рис. 1). Фильтр состоит из цилиндрического корпуса 2 с верхней 1 и нижней 5 крышками. Внутри корпуса 2 установлен сменный фильтрующий модуль 3, удерживаемый в определенном положении с помощью вертикальных 8, горизонтальных 7 и установочных 4 и 6 стержней. Модуль 3 содержит набор (пакет) фильтрующих дисковидных пластин, разделенных проставочными элементами. Сточные воды на очистку подаются через подводящий патрубок в верхней крышке 1 и после очистки выводятся через отводящий патрубок в нижней крышке 5.

Для качественной очистки сточных вод от механических примесей (взвешенных твердых и пластичных частиц загрязнений), нефтепродуктов и различных токсинов предназначена фильтрационная станция [3], где в качестве фильтрующей зернистой загрузки

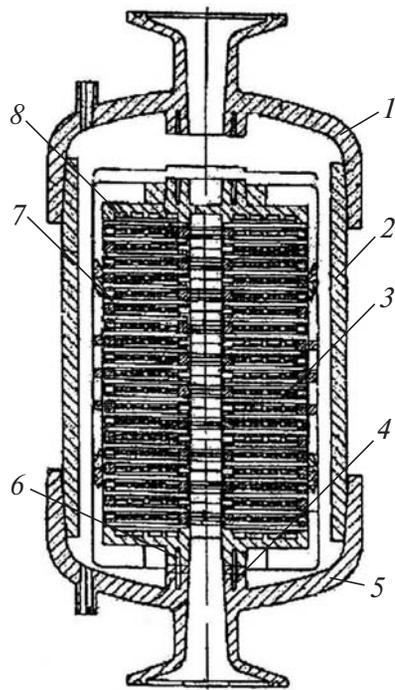


Рис. 1. Схема гидравлического механического фильтра со сменным фильтрующим модулем

используются гранулы гравия, щебня, крупнозернистого песка и фунгита. В состав фильтрационной станции (рис. 2) входит металлическая емкость объемом 4 м^3 , внутренняя полость которой разделена на ряд секций. В качестве перегородок служат сита с диаметром отверстий 1 мм , а в секции, разделяющей крупнозернистый песок от других фильтратов, отверстия имеют диаметр $0,5 \text{ мм}$. Каждой секции соответствует свой фильтрат: 6 — гравий, 5 — щебень, 4 — крупнозернистый песок, 3 — фунгит. Толщина зернистых слоев — 30 см . Сточные воды на очистку поступают по трубопроводу 9 в отстойник 10, где происходит оседание грубодисперсных веществ, которые при максимальном накоплении отводятся по специальному трубопроводу 7. Затем сточные воды проходят непосредственно через фильтраты 6–3, очищаясь как от крупнодисперсных частиц загрязнений, так и от некоторых органических соединений. На последней стадии очистки сточные воды проходят через шунгит 3, где находятся фуллерены — высокомолекулярные соединения углерода, представляющие собой микросетки, из которых построены сферические образования. Внутри фуллеренов, как в лечебных капсулах, находятся другие вещества периодической системы элементов.

Благодаря фуллеренам шунгит 3 приобретает адсорбирующие свойства, способствующи-

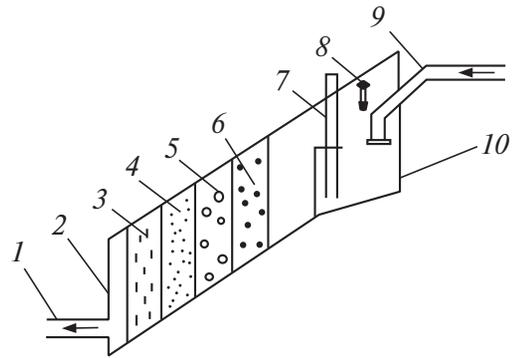


Рис. 2. Схема гидравлической фильтрационной станции с фильтрующей зернистой загрузкой

щие хорошему очищению сточных вод от вредных растворенных примесей, а в зернистых фильтрах происходит очистка сточных вод от тонкодисперсных веществ (максимальное значение — $0,2 \text{ мг/л}$), а также уменьшение количества нефтепродуктов, фенолов, соединений азота. Таким образом, при довольно незначительных затратах удается снизить количество взвешенных веществ в сточных водах в 10 раз и более. В каждой секции фильтрационной станции предусмотрена крышка (на рис. 2 не показана) для утилизации и замены фильтрующей зернистой загрузки. В секции 2 со специальной зернистой загрузкой осуществляются окончательная очистка и обезвреживание сточных вод от незначительного содержания нефтепродуктов и химических примесей, после чего очищенные сточные воды выводятся из фильтрационной установки по трубопроводу 1.

Для автоматического слежения за количеством накопленных загрязняющих веществ в отстойнике 10 фильтрационной установки предусмотрен сигнализатор 8. При минимальном и среднем количествах загрязняющих веществ в отстойнике очищаемые сточные воды и поплавков сигнализатора 8 поднимаются до минимального уровня. При переполнении отстойника увеличивается уровень сточных вод, и поплавков поднимается до запрограммированного уровня, оповещая с помощью световой и звуковой сигнализации о необходимости очистки отстойника.

Расширенными функциональными возможностями и высоким качеством очистки производственных сточных вод отличается механический зернистый насыпной фильтр (рис. 3) [4]. В его состав входят: цилиндрический корпус 1 с верхней 3 и нижней 12 крышками; трубопровод 4 для подвода исходных сточных вод на очистку и трубопровод 13 для отвода очищенных сточных вод;

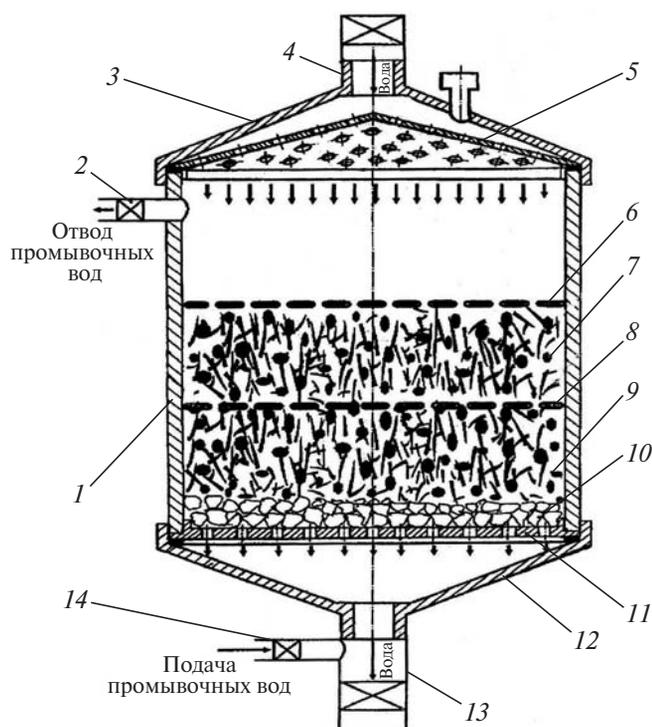


Рис. 3. Схема гидравлического механического зернистого насыпного фильтра с сорбционной загрузкой

защитная решетка 5; верхняя фильтрующая сетка 6; первый слой 7 фильтрующей зернистой сорбционной загрузки, состоящей из гранул графита, кокса, углесодержащих отходов, межслойная фильтрующая сетка 8; второй слой 9 фильтрующей зернистой сорбционной загрузки из антрацитовых гранул крупностью 1,0 – 2,2 мм (высота составляет одну-три высоты первого слоя 7); слой 10 дренажной загрузки, расположенный на опорной решетке 11; трубопроводы подвода 14 и отвода 2 промывочной воды для регенерации фильтрующих зернистых загрузок слоев 10, 9 и 7.

Флотационная очистка нефтесодержащих сточных вод в значительной степени зависит от количества диспергируемого воздуха и размера образующихся газовых пузырьков, а также от условий контактирования газовых пузырьков с частицами загрязнений, преимущественно с гидрофобной поверхностью. Последнее из указанных факторов успешно реализуется во флотационных противоточных колонных аппаратах [5], в которых обеспечиваются достаточно высокая вероятность столкновения частиц загрязнений с пузырьками воздуха благодаря их встречному движению и высокая вероятность слипания и сохранности минерализованных воздушных пузырьков.

К преимуществам флотационных противоточных колонных аппаратов относятся низкая энергоемкость, малые капитальные затраты, небольшая площадь, необходимая для установки, широкая возможность использования процессов вторичной минерализации в пенном слое для повышения эффективности слипания пузырьков с частицами загрязнений.

На некоторых ТЭС с теплофикационными и конденсационными турбоустановками в линию основного конденсата нередко попадает турбинное масло. Происходит это вследствие протечки масла по валу турбины через камеру уплотнений и пароструйные эжекторы в охладитель эжекторов и далее в систему основного конденсата. Протечки масла усиливаются при нестационарных режимах, например во время пусков и остановов турбоагрегатов.

Для обеспечения очистки конденсата от турбинного масла предложена флотационная машина пневматического типа [6], опытный образец которой установлен на энергоблоке № 2 Южной ТЭС ОАО «Ленэнерго» на стадии доочистки технологического конденсата после существующей нефтеловушки. При движении очищаемого от масла технологического конденсата через пневматическую флотационную машину происходит его аэрация (барботирование) пузырьками воздуха, подаваемого под давлением через пористые аэраторы. При этом пузырьки воздуха слипаются с гидрофобными загрязнениями и всплывают в виде флотокомплексов «капельки нефтепродуктов (масла) — пузырьки воздуха». Уловленные загрязнения в виде пенного продукта (эмульсия с концентрацией нефтепродуктов 10 – 20 %) самотеком удаляются из флотационной машины. Высокое качество очистки технологического конденсата (остатки масла не превышают 4 – 5 мг/л) подтверждено результатами проведенных анализов.

Эффективна в работе и обеспечивает высокое качество очистки нефтесодержащих сточных вод очистная установка [7], разработанная в МГТУ им. Н. Э. Баумана и ОАО «ГосНИИсинтезбелок». Сточные воды проходят через приемную решетку и накапливаются в заглубленной емкости — отстойнике 2 (рис. 4), из которой откачиваются насосом 1 и подаются в пневматическую флотационную машину 4 типа ПФМ-0,5 с тонкослойным блоком осветления. В ней происходит извлечение тонкодисперсных капель нефтепродуктов при всплывании их вместе с пузырьками воздуха, образующимися при его диспергиро-

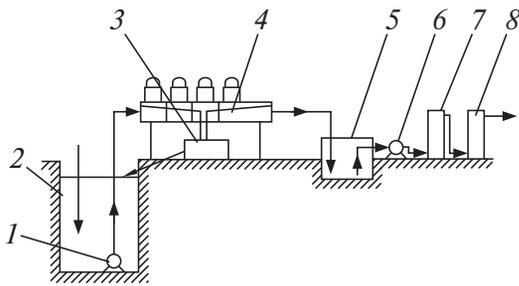


Рис. 4. Схема гидравлической установки для очистки сточных вод с пневматической флотационной машиной

вании путем подачи под давлением через пористые аэраторы, изготовленные из специальной резины. Аэраторы устанавливают по три штуки в каждой из четырех камер машины 4. В дополнительной пятой камере размещен блок тонкослойного осветления для доизвлечения тонкодисперсных капель нефтепродуктов. Очищаемая сточная вода последовательно проходит все пять камер, при этом улавливаемые нефтезагрязнения в виде пенного продукта собираются в верхней части слоя очищаемых сточных вод. Всплывающие нефтепродукты вместе с пузырьками воздуха создают пенный слой, который самотеком направляется в сборник пенного продукта 3. После его отстоя декантированная вода сливается в заглубленную емкость 2. Предварительно очищенные сточные воды выводятся из флотационной машины 4 путем последовательного прохождения через блок тонкослойного осветления и устройство поддержания заданного уровня очищаемых сточных вод и самотеком поступают в промежуточный резервуар-сборник 5 из монолитного или сборного железобетона рабочим объемом не менее 3 м^3 .

С помощью насоса 6 предварительно очищенные сточные воды из резервуара-сборника 5 подаются на доочистку в сорбционные фильтры 7 и 8. Первый по ходу движения предварительно очищенных сточных вод фильтр 7 имеет комбинированную загрузку, включающую слой керамзита (нижний слой) и слой активированного угля, а второй фильтр 8 полностью загружен активированным углем. Это позволяет проводить глубокую доочистку сточных вод до остаточного содержания нефтепродуктов не более $0,05 \text{ мг/л}$. С учетом сезонной специфики работы очистной установки угольная загрузка используется только в течение одного сезона и не регенерируется. Отработанную загрузку ликвидируют путем сжигания в котельных или в специальной печи, где топливом служит каменный

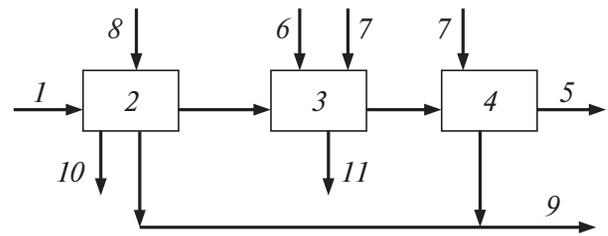


Рис. 5. Технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод методом напорной флотации

уголь. Полностью очищенные сточные воды с содержанием нефтепродуктов не более $0,05 \text{ мг/л}$ сбрасываются на рельеф местности или в расположенный рядом водоем.

На рис. 5 приведена технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод от загрязнений широкого спектра в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оборотной технической воде. Затем использован метод напорной флотации на завершающем этапе механической очистки сточных вод в нефтеловушках перед подачей их на сооружения биологической очистки [8]. Это не только повышает эффективность выделения мелкодисперсных взвешенных веществ, эмульгированных нефтепродуктов, коллоидных органических загрязнений и частично растворенных органических соединений из сточных вод на этапе механической очистки, но и сокращает занимаемые площади, поскольку флотаторов в 3–4 раза меньше, чем нефтеловушек благодаря уменьшению времени пребывания очищаемых сточных вод с $1,5–2 \text{ ч}$ при отстаивании до $30–40 \text{ мин}$.

Технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод включает в себя (см. рис. 5): 1 — трубопровод подачи нефтесодержащих сточных вод на очистку; 2 — блок механической очистки; 3 — блок биологической очистки; 4 — установку напорной флотации; 5 — трубопровод подачи очищенных сточных вод в оборотную систему водоснабжения; 6 — трубопровод подачи биогенной добавки; 7 — трубопровод подачи воздуха; 8 — трубопровод подачи флокулянта; 9 — трубопровод подачи нефтепродуктов на утилизацию; 10 — трубопровод подачи осадка на обезвоживание; 11 — трубопровод подачи избыточного активного ила на обезвоживание и компостирование.

С целью повышения эффективности работы установки напорной флотации 4 в очищаемые нефтесодержащие сточные воды вводят реагенты (коагулянты, флокулянты). Их количество и состав зависят главным обра-

зом от количественного и качественного состава сточных вод, подлежащих очистке, от требований, предъявляемых к очищенной оборотной технической воде, а также от экономических показателей (капитальных затрат, эксплуатационных расходов).

Для отделения нефти и нефтепродуктов от очищаемых сточных вод разработано много методов очистки, использующих различные физико-химические процессы (седиментация, коалесценция, сорбция, коагуляция, флокуляция и др.) в зависимости от требований к качеству очистки и составу очищенных сточных вод. Одним из наиболее эффективных методов удаления нефти и нефтепродуктов из сточных вод является применение фильтрующих материалов, обладающих коалесцентными свойствами, и фильтров на их основе — коалесцентных фильтрующих модулей [9].

Основные достоинства коалесцентных фильтрующих модулей — большая обменная поверхность фильтрующего материала, низкое гидравлическое сопротивление, высокие стойкость к агрессивным средам и гидрофобность, что позволяет достичь хороших результатов в процессах разделения многофазных сред (в том числе “вода — нефтепродукты”). Другие преимущества коалесцентных модулей: высокая эффективность разделения эмульсий (до 95 %), использование некорродирующих материалов модулей (выполнены из полипропилена), простота конструкции, монтажа, обслуживания и эксплуатации модулей, отсутствие движущихся частей и большой срок службы (не менее 5 лет).

Наиболее качественная очистка нефтесодержащих сточных вод достигается одновременным применением фильтрующих материалов двойного назначения — коалесцирующих и сорбционных [10]. Высокую скорость очистки производственных сточных вод от ионов меди обеспечивает адсорбционный способ [11], отличающийся экономичностью эксплуатации очистного оборудования. В качестве адсорбента используется доменный гранулированный шлак. Очистку осуществляют фильтрацией сточных вод через слой гранулированного адсорбента толщиной 0,055 — 0,075 м. Очистное оборудование, применяемое при этом способе, имеет низкое гидравлическое сопротивление.

Для эффективной сорбционной очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов (с последующим их выделением и возвратом в производственный процесс), раз-

работан композиционный сорбент [12] на основе сильнокислотного катионита КУ-2 × 8, выступающего в роли матрицы, и гидроксида железа. Полученный сорбент имеет большую активную поверхность (150 — 280 м²/г), в отличие от криогранулированного гидроксида железа обладает более высокой обменной емкостью по тяжелым металлам по сравнению с катионитом. Различие в некоторых случаях достигает 100 % и более, так как на сорбенте не только протекает ионообменный процесс, но и осуществляется сорбция путем координационной сополимеризации на гидроксидной составляющей, в большей степени проявляющаяся в щелочной области значений рН, т. е. в области образования устойчивых гидроксокомплексов металлов.

Для очистки сточных вод от тонкодиспергированных и растворенных нефтепродуктов разработан электрофлокоагуляционный метод [13], который позволяет снизить концентрацию нефтепродуктов в очищенных сточных водах до 0,01 — 0,5 мг/л. Очищенные с помощью этого метода сточные воды могут быть использованы в замкнутых системах водоснабжения, что приводит к сокращению потребления свежей пресной технической воды.

Повышенной эффективностью очистки сточных вод от нефти, нефтепродуктов и других загрязнений отличается способ [14], заключающийся в приготовлении исходной смеси, введении ее в загрязненные сточные воды и выдерживании в течение 7 сут. при естественном освещении. Исходная смесь представляет собой смесь порошка наночастиц железа размерами 15 — 50 нм и порошка наночастиц сплава никеля с хромом размерами 50 — 100 нм, растворенную в нитробензоле.

Процессы биологической очистки сточных вод являются результатом метаболической деятельности микроорганизмов активного ила. Основу этих процессов составляют реакции, катализируемые ферментами как внутри клетки, так и за ее пределами. В состав активного ила входят различные физиологические группы бактерий, плесневые и дрожжевые грибы, а также простейшие, колероватки, черви. В результате биологического окисления происходит минерализация сложных органических соединений до простых минеральных веществ.

С целью высококачественной биологической очистки сточных вод с очень широкими отклонениями по составу загрязняющих примесей разработаны комбинированный са-

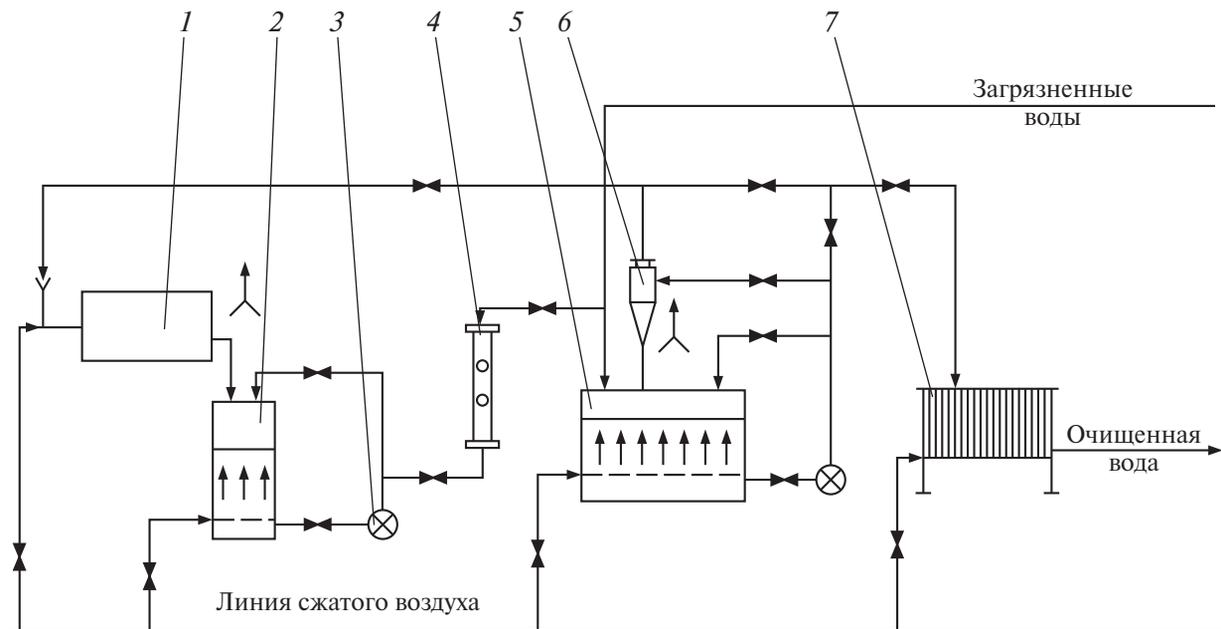


Рис. 6. Технологическая схема ультразвукового гальванокоагуляционного комплекса для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и других загрязнений

морегулирующийся способ и устройство для его осуществления [15]. Оно содержит корпус с герметичной крышкой, уравнивающий резервуар с активным илом, мелкопузырчатый аэратор, активационный резервуар с мелкопузырчатыми аэраторами, трубчатый колодец с фильтром, главным насосом и внутренним аэратором, аэротенк, вторичный отстойник, выходной фильтр, аэратор-разбиватель биопленки, насос-удалитель биопленки, камеру стабилизации ила с системой обеззараживания воды.

Для биологической очистки большого объема сточных вод на промышленных предприятиях создан кольцевой каскадный буферный накопитель очищаемых сточных вод [16], включающий сумматор потоков жидкости с аксиальной симметрией, выходом которого служит биохимический фильтр. Буферный накопитель выполнен в виде последовательно соединенных между собой накопительных емкостей. Улучшение эксплуатационных характеристик очистного сооружения достигается за счет формирования заданных переходных характеристик кольцевого каскадного буферного накопителя, определяющих изменение во времени объемной концентрации вредных веществ, и обеспечения эффективного сглаживания резких повышений концентрации вредных химических веществ в сточных водах для дальнейшей подачи их в биохимический фильтр.

Высокая степень очистки промышленных сточных вод достигается с помощью установки [17], включающей в себя флокулятор, флотатор и аэротенк. Очищаемую сточную воду обрабатывают биофлокулянтами в флокуляторе, оснащенный низкоскоростным перемешивающим устройством, затем подают в камеру смешивания флотатора, где осуществляется ее контакт с водой, насыщенной воздухом в напорном баке-сатураторе. Плавающие флотопродукты удаляют с помощью системы перелива и по желобу отводят на иловые площадки. Очищаемую воду с использованием сифонной перегородки по линии выводят из флотатора в аэротенк. Биохимическое окисление растворенных биогенных элементов осуществляют иммобилизованной биопленкой на размещенных в аэротенке носителях. Очищенную водно-иловую смесь отстаивают во вторичном отстойнике. Осажденную биомассу частично подают в устройство гидромеханической обработки, частично — на вход в аэротенк. Очищенную воду выводят из установки через перелив.

Высокую степень очистки производственных сточных вод от ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и других загрязнений обеспечивает ультразвуковой гальванокоагуляционный комплекс [18], технологическая схема которого представлена на рис. 6. Загрязненная сточная вода поступает в реакционную камеру 5, куда также подается суспензия магнетита от гальванокоагулятора 1, активи-

рованная в ультразвуковом реакторе 4. Время активации регулируется изменением скорости циркуляции суспензии в замкнутом контуре, включающем скрапоуловитель 2 и насосный блок 3. Обезвреженная в результате контакта с магнетитом сточная вода из реакционной камеры 5 подается насосом на рамный фильтр-пресс 7, где происходит отделение гальванокоагулянта. Циркуляционный контур с входящими в его состав гидроциклоном 6, системой регулировочных клапанов и насосным блоком, а также барботаж сжатым воздухом обеспечивают интенсификацию процесса в реакционной камере 5.

Промышленные испытания ультразвукового гальванокоагуляционного комплекса, проведенные на сточных водах участка мойки вагонов электродепо “Невское” Санкт-Петербургского метрополитена, показали высокое качество очистки сточных вод от ионов меди, цинка, марганца, железа, от нефтепродуктов и других загрязнений.

Требования к защите водных объектов — океанов, морей, озер, рек, прудов, болот, подземных вод — постоянно растут. В связи с этим необходимо целенаправленно разрабатывать и внедрять более совершенные фильтры, устройства и установки для качественной очистки и обезвреживания промышленных сточных вод от нефти, нефтепродуктов, взвешенных твердых и пластичных частиц и других загрязняющих примесей перед сбросом их в канализацию, водоемы или на рельеф местности.

Список литературы

1. Буренин В. В. Очистка сточных вод предприятий теплоэнергетики от загрязняющих примесей. — Промышленная энергетика, 2010, № 7.
2. Заявка на пат. 102005021660. Германия. МПК В01Д 21/01. Фильтрующее устройство и сменный модуль к нему. Оpubл. 16.11.2006.
3. Песков С. Н. Проблемы очистки ливневых сточных вод, поступающих в реку Сура с территории города Пензы. — Безопасность жизнедеятельности, 2011, № 3.
4. Пат. 2262374 Россия. МПК В01Д 21/14. Фильтр для очистки природных и сточных вод / Р. М. Садило, Н. С. Серпокрылов, С. В. Поступонько и др. — Изобретения. Полезные модели, 2005, № 29.
5. Ксенофонов Б. С. Очистка воды и почвы флотацией. — М.: Новые технологии, 2004.
6. Зеленов А. С., Зеленова М. С. Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения: 2009 год и ретроспектива. — Вестник Росприроднадзора, 2010, № 2.
7. Ксенофонов Б. С. Проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий. — Приложение к журналу “Безопасность жизнедеятельности”, 2011, № 3.
8. Зубарева Г. И., Черникова М. Н. Технологические схемы глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод с применением метода напорной флотации. — Экология и промышленность России, 2011, октябрь.
9. Ксенофонов Б. С. Проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий. — Приложение к журналу “Безопасность жизнедеятельности”, 2011, № 3.
10. Пинкин А. В., Касаткин А. В., Артемов А. В. Фильтры для удаления загрязняющих веществ из поверхностных сточных вод и систем оборотного водоснабжения. — Экология и промышленность России, 2011, декабрь.
11. Пат. 2401805 Россия. МПК С02F 1/28. Способ очистки сточных вод от ионов меди / Л. Б. Сватовская, М. В. Шершнева, Ю. Е. Пузанова. — Изобретения. Полезные модели, 2010, № 29.
12. Иконина Е. В., Марков В. Ф., Маскаева Л. Н. Обменная емкость композиционного сорбента как суммарный эффект активной поверхности, ионообменного механизма и координационной сополимеризации. — В кн.: Проблемы экологии в современном мире: Материалы 6 Всероссийской Internet-конференции. Тамбов: ТГУ, 2009.
13. Дыганова Р. Я., Галкина Н. В. Ресурсосберегающая технология очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода и перспективные методы утилизации нефтешламов: Материалы Международной науч.-техн. конференции “Энергетика — 2008: инновации, решения, перспективы”. Казань, 2008, кн. 4.
14. Пат. 2404928 Россия. МПК С02F 1/58. Способ очистки загрязненной среды от органических веществ / А. И. Леонтьева, В. А. Лебедев, В. С. Орехов. Изобретения. Полезные модели, 2010, № 33.
15. Пат. 2367621 Россия. МПК С02F 7/00. Комбинированный саморегулирующийся способ очистки сточных вод и устройство для его осуществления / Ю. О. Бобылев. — Изобретения. Полезные модели, 2009, № 26.
16. Пат. 2392233 Россия. МПК С02F 3/02. Кольцевой каскадный буферный накопитель системы очистки потока жидкости / А. М. Бондарук, С. С. Гоц, Р. Н. Гимаев, К. Ш. Ямалетдинова. — Изобретения. Полезные модели, 2010, № 17.
17. Пат. 2404133 Россия. МПК С02F 1/24. Установка для очистки сточных вод / А. А. Денисов, И. И. Павлинова, В. Г. Николаев и др. — Изобретения. Полезные модели, 2010, № 32.
18. Ультразвуковой гальванокоагуляционный комплекс очистки загрязненных вод / В. О. Абрамов, Г. Б. Векслер, М. С. Муллакаев и др. — Экология и промышленность России, 2009, октябрь.

radi.1965@mail.ru