

И. Х. Мингазетдинов, С. А. Мальцева, Э. В. Гоголь,
Ю. А. Тунакова

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ И ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Ключевые слова: очистка сточных вод, электрокоагуляция, электрокоагулятор.

Предложена электрокоагуляционная очистка сточных вод предприятий по производству синтетических материалов и пластических масс и отмечены условия и конструктивные особенности современных электрокоагуляционных установок. Рассмотрена разработанная рациональная конструкция и принцип действия устройства для электрокоагуляционной очистки сточных вод. Отмечена реализация в устройстве одновременно несколько процессов: электрокоагуляции с использованием растворимых электродов, флотации с использованием газовых пузырьков, осаждения за счет сил гравитации. Взрывобезопасность обеспечивается за счет использования ингибитора.

Keywords: wastewater treatment, electrocoagulation, device for electrocoagulation

Proposed electrocoagulation wastewater treatment enterprises for the production of synthetic materials and plastic masses, and marked the conditions and the design features of modern installations. Reviewed developed by rational design and principle of operation of device for electrocoagulation wastewater treatment. Marked by the implementation of a device at a time several processes: electrocoagulation using soluble electrodes, flotation with the use of gas bubbles, deposition at the expense of forces of gravitation and ensure explosion protection through the use of inhibitors.

Большинство предприятий по производству синтетических материалов и пластических масс образуют большое количество сточных вод, содержащих загрязнители различного происхождения. Так, в процессе производства полистирола и сополимеров вода используется на охлаждение аппаратов, приготовление растворов, в качестве маточного раствора, а также для промывки полимеров. В зависимости от марки получаемого полимера и способа промывки полимера на 1 т образуется от 3 до 8 м³ загрязненных сточных вод, содержащих наряду с акрилонитрилом, стиролом, сольваром плотный осадок и взвешенные вещества.

В виду многочисленности примесей и их состава, применяют методы комплексной очистки сточных вод. Одним из перспективных и эффективных методов очистки является электрокоагуляция. В связи с этим интерес представляют условия и конструктивные особенности современных электрокоагуляционных установок. Основные параметры проектирования электрокоагуляторов представлены в таблице 1[1].

Стандартных конструкций для аппаратов по электрокоагуляции нет. Из анализа научно-технической литературы [2-4] следует, что простейший электрокоагулятор горизонтального типа представляет собой проточный резервуар с внутренним диэлектрическим покрытием. Основным достоинством этого типа аппаратов является простота замены электродной системы и удобство обслуживания, а недостатком – слабая циркуляция. Для очистки сточных вод, содержащих в основном всплывающие вещества, рекомендуется применять электрокоагулятор вертикального типа, встроенный в горизонтальный отстойник. Вода поступает снизу и вместе с осадками и газовой фазой отводится в зону гравитационного разделения. В зоне осветления одна часть загрязняющих веществ всплывает на открытую поверхность, а другая оседает на дно.

Таблица 1 - Основные параметры проектирования электрокоагуляторов

Плотность тока анодная, А/м ²	150-300
Скорость движения воды в межэлектродном пространстве, м/с	0.03-0.05
Продолжительность пребывания сточной воды в электрокоагуляторе, мин	до 3
Напряжение, приходящееся на одну электролитическую ячейку, В	не более 36
Рекомендуемое напряжение ϵ для работы электрокоагулятора, В	3-12
Энергопотребление, кВт·час	2-4
Расстояние между соседними электродами, мм	5-20
Удельный расход металлического железа для удаления из сточной воды 1 г загрязняющего вещества	2-6

В электрокоагуляторе вертикального типа эффективность обеспечивается за счет движения жидкой и газовой фаз в межэлектродном пространстве. Существует большое количество конструкций электрокоагуляционных аппаратов и сооружений, в которых сочетаются электрокоагуляция и электрофлотация. Такой подход к конструированию оборудования для электрохимического коагулирования является технологически правильным и позволяет наилучшим образом организовать основные стадии процесса. В блоке электрохимической очистки сточные воды сначала поступают в камеру электрокоагулятора, где происходит контактирование с гидроксидами металла, а затем – в камеру разделения, где в виде флотокомплексов отделяются загрязняющие вещества. Эффективность очистки сточных вод таким блоком по ПАВ составляет 85-90%, по химическому потреблению кислорода 75-86%. Наиболее полно использовать объем сооружения, как правило, удается при коаксиальном и вер-

тикальном расположении камер в цилиндрических корпусах. Основное направление совершенствования электрокоагуляторов лежит в области разработки конструкций электродных пакетов и систем, оптимизирующих их работу [5]. Таким образом, к основным достоинствам электрокоагуляционного способа очистки следует отнести универсальность метода и компактность установки, простоту управления ей. Недостатками указанного способа очистки является существенный расход электроэнергии и металлического железа (алюминия), а также пожаро- и взрывоопасность установки за счет выделения в процессе ее эксплуатации водорода.

Коагулирующий эффект получается за счет процесса анодного растворения металла под действием постоянного тока. Перешедшие в раствор катионы $Al(III)$ или $Fe(II)$ гидролизуются и выступают в роли коагулянтов. Некоторую дополнительную роль играют сопутствующие эффекты: наложение на коагулирующую систему электрического поля и связанная с ним деформация (поляризация) двойного электрического слоя вблизи поверхности частиц дисперсной фазы. Заметное влияние могут оказывать окислительно-восстановительные процессы, протекающие, на электродах.

Выбор материала электродов равнозначен выбору типа коагулянта для обработки каждого конкретного потока воды.

Поскольку современное состояние теории коагуляции не позволяет расчетными методами однозначно обосновывать выбор типа коагулянта, рекомендуется проведение предварительных опытных проверок. Возможно и использование практических результатов обработки аналогичных по природе систем, приводимых в литературе. Согласно литературным данным [2] скорость анодного растворения железа в зависимости от плотности тока выше почти в 2 раза, чем скорость растворения алюминия. Железо дешевле, чем алюминий. И с этой точки зрения, казалось бы использовать железные аноды выгоднее.

В последние годы в практике использования электрокоагуляционных процессов стали обращать внимание на использование электродов сложного состава - сплавов различных металлов или композиций различных металлов. Применение сложных композиционных материалов при обработке водных потоков представляется весьма перспективным направлением, поскольку значительно расширяет круг свойств рабочих материалов (коагулянтов) по сравнению с возможностями чистых компонентов. Электрохимическое растворение сплавов характеризуется большими, нежели для чистых компонентов, выходами по току. Растворение железо-алюминиевых сплавов в области образования химического соединения Fe_3Al сопровождается образованием коагулянта с более высокими гидродинамическими характеристиками, чем растворение алюминия, железа и их сплавов иного состава. А именно, гидравлическая крупность образующихся хлопьев коагулянтов или скорость их осаждения выше, чем эти показатели для коагулянтов, полученных при электрохимическом растворении алю-

миниевых и железных анодов, в 2,5-3,0 и 1,8-2,0 раза соответственно. Коагулянты, полученные при растворении сплавов в области образования химического соединения Fe_3Al , обладают более высокой удельной поверхностью $S_{уд}$ по сравнению с коагулянтами другого состава, что свидетельствует об их более высокой адсорбционно-коагулирующей способности [6,7].

При разработке рационального устройства для электрокоагуляционной очистки сточных вод были учтены литературные данные, отмеченные выше и предложена конструкция [8]. Устройство содержит корпус (рис.1), разделенный перегородкой 21 на камеру отстаивания 2 и выпускную камеру 3, перегородкой 22 на камеру коагулирования 1 и камеру отстаивания 2, при этом камеры сообщены между собой окнами 6 в перегородках 21 и 22. Над камерой коагулирования 1 расположено устройство для отвода пены, содержащее щелевой коллектор 4, соединенный со смесителем воздуха и ингибитора 5 (рис.2), расположенный с возможностью сдува пены с поверхности жидкости камеры коагулирования 1 в направлении к пеноотводящему лотку 7. Под лотком 7 установлен шламоприемник 8.

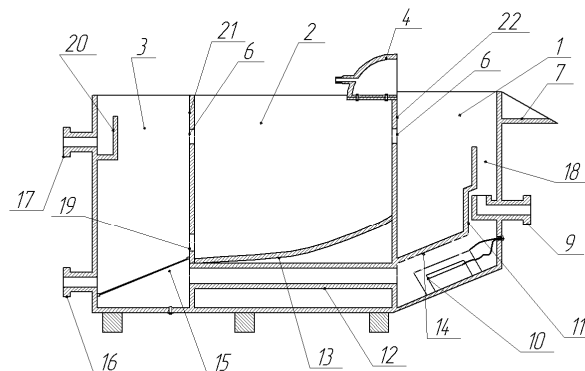


Рис. 1 – Устройство для очистки сточных вод: 1 – камера коагулирования; 2 – камера отстаивания; 3 – выпускная камера; 4 – щелевой коллектор; 5 – камера смешения воздуха и ингибитора; 6 – окна; 7 – пеноотводящий лоток; 8 – шламоприемник; 9 – патрубок для подачи исходной воды; 10 – растворимые электроды (анод и катод); 11 – перфорированная перегородка; 12 – трубопровод; 13 – наклонная поверхность; 14 – электродная камера; 15 – фильтративная сетка; 16 – патрубок для отвода осадка; 17 – патрубок для отвода очищенной воды; 18 – эжекционное устройство; 19 – окно для отвода осадка; 20 – карман для отвода очищенной воды; 21 – перегородка, разделяющая камеру отстаивания от выпускной камеры; 22 – перегородка, разделяющая камеру коагулирования от камеры отстаивания

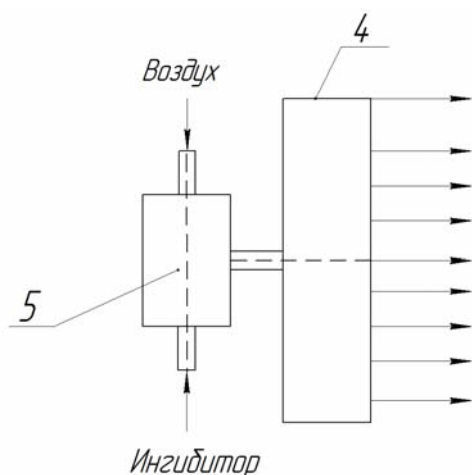


Рис. 2 – Устройство для удаления флотационной пены

В нижней части камеры коагулирования 1 под перфорированной перегородкой 11 находится электродная камера 14, в которой расположены растворимые электроды 10 (катод и анод). Патрубок подачи исходной (загрязненной, сточной) воды 9 соединен с электродной камерой 14 эжекционным устройством 18. Камера коагулирования 1 соединена с выпускной камерой 3 трубопроводом 12. В перегородке 21, разделяющей камеру отстаивания 2 от выпускной камеры 3, выполнено окно для отвода осадка 19, находящееся выше трубопровода 12. В камере отстаивания 2 ниже выполненного окна для отвода осадка 19 и выше трубопровода 12 расположена наклонная поверхность 13. В выпускной камере 3 расположена наклонная фильтracионная сетка 15, одна сторона которого расположена ниже окна для отвода осадка 19, но выше трубопровода 12, а другая сторона – ниже патрубка для отвода осадка 16 из выпускной камеры 3.

Сточная вода подается в патрубок 9 и попадает в эжекционное устройство 18, где направляется вверх и увлекает жидкость из электродной камеры 14 вместе с гидроксидами металлов, являющихся коагулянтами, и газовыми пузырьками. На электроды 10 подается рабочий ток и они начинают растворяться. Газовые пузырьки, поднимаясь вверх, производят процесс флотации, и в камере 1 на поверхности жидкости собирается слой флотационной пены. Из щелевого коллектора 4 выдувается плоская струя смеси воздуха с ингибитором (например, бромистым этилом), поступающая из смесителя 5, тем самым обеспечивается взрывобезопасность за счет взаимодействия водорода с ингибитором. Эта плоская струя направляется вдоль поверхности жидкости камеры коагулирования 1 и сдувает флотацион-

ную пену в пеноотводящий лоток 7, откуда пена удаляется в шламоприемник 8.

Вода, насыщенная гидроксидами металлов, через отверстие 6 поступает в камеру отстаивания 2, где укрупненные комплексы под действием сил гравитации оседают на наклонную поверхность 13, откуда по ней проходят через окно для отвода осадка 19 и, далее, осадок отводится через патрубок для отвода осадка 16. Фильтracионная сетка 15 является элементом фильтрации и препятствует попаданию осадка в трубопровод 12 и в электродную камеру 14, тем самым не нарушается работа электродов 10 и увеличивается степень очистки сточных вод.

Очищенная вода из камеры отстаивания 2 через окно 6 попадает в выпускную камеру 3. В выпускной камере 3 происходит доочистка жидкости и оставшиеся коагулированные частицы оседают вниз и отводятся вместе с остальным осадком через патрубок для отвода осадка 16, а очищенная вода поступает в карман для отвода очищенной воды 20, откуда забирается патрубком для отвода очищенной воды 17.

Таким образом, в разработанном устройстве реализуется одновременно несколько процессов: электрокоагуляция с использованием растворимых электродов, флотация с использованием газовых пузырьков, осаждение за счет сил гравитации. Взрывобезопасность обеспечивается за счет использования ингибитора. Разработанное устройство относится к аппаратам электрохимической очистки сточных вод с использованием процессов электрокоагуляции и может найти применение в химической, целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности.

Литература

1. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения.
2. Е. П. Шихалева, *Экология производства*. Научно-практический журнал, Изд-во ЗАО "Отраслевые ведомости", Москва, **93**, 4, 62-69 (2012).
3. Е. П. Шихалева, *Экология и промышленность России*. Ежемесячный общественный и научно-технический журнал, Изд-во ЗАО "Калвис", Москва, 7, 14-17 (2012).
4. Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин, *Инженерная защита поверхностных сточных вод от промышленных стоков*, Высшая школа, Москва, 2003, С.212-214.
5. Е.В. Алексеев, *Физико-химическая очистка сточных вод*, Изд-во Ассоциации строительных вузов, Москва, 2007, 248с.
6. В.В. Ковалев, М.И. Судварг, В.В. Пынзарь *Электронная обработка материалов*, Изд-во ELAN POLIGRAF, Кишинев, 5, 55-59 (1981).
7. М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова, *Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Системы распределения и подачи воды*, том 3, Изд-во АСВ, Москва, 2004, 256с.
8. Патент RU № 57270 U1 (2006).