

Литература

1. Концепция совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства до 2025 года [Электронный ресурс] / Информационно-аналитическая система «Илех». – 2022. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/159729>. – Дата доступа: 29.03.2022.

2. Указ Президента Республики Беларусь от 23.04.2003 №165 «Об утверждении генерального плана г. Минска и некоторых вопросах его реализации» (с изм. И доп.) [Электронный ресурс] / Официальный сайт УП «Минскградо». – 2022. – Режим доступа: <http://www.minskgrado.by/documents/pdf>. – Дата доступа: 30.03.2022.

УДК 628.543

Исследование эффективности работы статических смесителей и разработка малозатратных установок для смешения реагентов со сточными водами

Урецкий Е. А.¹, Мороз В. В.², Дарманян А. П.³

¹Беорусский государственный проектный институт
Витебск, Республика Беларусь,

²Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь,

³Волгоградский государственный аграрный университет
Волгоград, Российская федерация

Проведено исследование эффективности работы статических смесителей ресурсосберегающей установки для предварительного смешения реагентов со сточными водами и эффективного проведения процесса хлопьеобразования. При широком спектре расходов сточных вод и реагентов, они приближаются к идеальным смесителям, обеспечивая степень сегрегации реагентов и обрабатываемых сточных вод не менее 95 %.

Перемешивание – одна из технологических операций, широко применяемых в химической промышленности для осуществления различных физических процессов, и служащая для выравнивания полей концентраций и температур, и зачастую определяющая скорость протекания этих процессов, поскольку в этом случае оказывает влияние не только на скорость процесса, но и на качество очистки.

В химической промышленности широко используют аппараты с механическими мешалками. Состояния предварительной смешанности можно добиться в таких аппаратах с помощью специальных мер [1, 2], но при этом необходимо обеспечить высокие скорости вращения мешалки, что

приводит к значительному усложнению конструкции. В связи с этим, важное значение приобретают малые по объему смесители, в которых для перемешивания реагентов используется кинетическая энергия потоков.

Широкое использование статических смесителей в промышленности ограничено из-за отсутствия методических материалов по их расчету. Теоретическое описание перемешивания реагентов представляет значительные трудности, а систематических экспериментальных исследований пока недостаточно. Вследствие этого, на базовом предприятии ОАО «Брестский электромеханический завод» (БЭМЗ) для проведения исследований по работе статических смесителей была смонтирована установка, показанная на рис. 1.

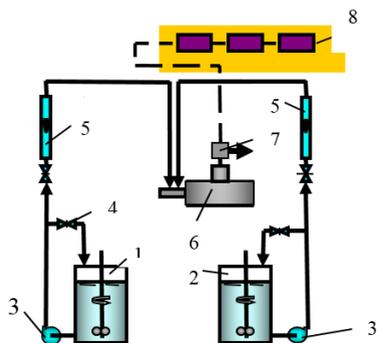


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (а. с. на изобретение № 160616):
1, 2 – емкости для реагентов; 3 – насосы; 4 – вентили; 5 – ротаметры;
6 – смеситель; 7 – кондуктометрическая ячейка; 8 – система для замера электропроводности

Установка состоит из статического смесителя непрерывного действия, в который из емкостей 1 и 2 с помощью насоса 3 подаются растворы реагентов (едкого натрия и ацетилацетата). Расход реагентов регулируется с помощью вентилей 4 и регистрируется с помощью ротаметра 5.

Растворы реагентов поступают в смеситель, перемешиваются и вступают в химическое взаимодействие, а затем проходят кондуктометрическую ячейку 7 и поступают в сборную емкость, из которой периодически сливаются. Электропроводность смеси, а вместе с ней и степень превращения реагентов регистрируются с помощью измерительной системы. Параллельно с замером электропроводности брали пробы реакционной массы. Степень превращения определялась методом потенциометрического

титрования. Температура смеси в аппарате фиксировалась с помощью термомпары и потенциометра.

Смеситель представляет собой аппарат объемом 110 см³. Он состоит из цилиндрического корпуса диаметром 64 мм, закрытого с обеих сторон крышками, и снабженным тангенциальным патрубком и двумя штуцерами для подачи реагентов. Для вывода смеси используется осевой отводящий патрубок. Перемешивание реагентов в статическом смесителе осуществляется за счет турбулизации потока во всем объеме смесителя.

Структура потоков в аппарате исследовалась путем анализа кривых отклика на импульсное возмущение. По одному из штуцеров в аппарат подавалась дистиллированная вода с постоянным расходом. Затем с помощью шприца в поток вводился раствор хлористого натрия. Момент ввода отмечался на ленте самописца. Электропроводность выходящего потока регистрировалась с помощью измерительной системы и фиксировалась на ленте самописца. Измерения прекращались, когда уровень электропроводности падал до значений, соответствующих дистиллированной воде. Был произведен перевод кривых распределения времени пребывания (РВП) в безразмерные координаты. Затем вычислялись значения интегральной функции РВП. Полученные данные представляли в полулогарифмических координатах.

Для исследования процесса микроперемешивания реагентов использовалась известная и хорошо изученная реакция омыления ацетата. Данная реакция является гомогенной реакцией второго порядка.

Возможность применения малых концентраций химических реагентов ($C_0 = 0,01-0,25$ моль/л), а также протекание химического превращения при комнатных температурах обеспечили широкое применение данной реакции для изучения процесса перемешивания в химических реакторах.

При изучении микроперемешивания использовали следующую методику: в емкости заливали растворы реагентов с требуемой начальной концентрацией, затем тарировали ротаметры по каждому потоку, после чего подавали оба реагента через смеситель.

На выходе через определенные интервалы времени брали пробы реакционной массы. Реакция в пробе останавливалась раствором щавелевой кислоты, избыток которой потом оттитровывался раствором щелочи. Эксперимент повторялся 2–3 раза, а расчет степени превращения вещества X_B осуществлялся как среднее в нескольких (трех-четырёх) параллельных опытах, что позволило достигать точности 0,5–1,0 % по X_B .

В опытах варьировались начальные и конечные концентрации реагентов, расходы и соотношения реагентов, скорости истечения реагентов из сопел, температура смеси. При любых технологических условиях соблю-

далось требование, что средние значения концентраций реагентов по всему объему смесителя равны между собой, $C_{A0} = C_{B0}$.

Результаты исследований, представленные на рис. 2 и 3, показали, что во всем диапазоне изменения расходов потоков реагентов структура потоков в статическом смесителе соответствует модели идеального перемешивания. Таким образом, с точки зрения структуры потоков, изменение нагрузок не сказывается на характеристиках аппаратов.

Исследования на модельной реакции в том же диапазоне изменения нагрузок показали, что эффективность работы в данном случае оценивалась по степени превращения вещества X_B , достигаемой на выходе из аппарата.

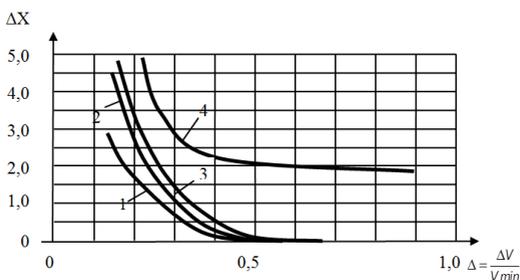


Рис. 2. Зависимость отклонения экспериментальной степени превращения от теоретической (X) от относительной скорости истечения струй:

1 – $Da = 0,2$; 2 – $Da = 0,4$; 3 – $Da = 0,5$; 4 – $Da = 0,6$

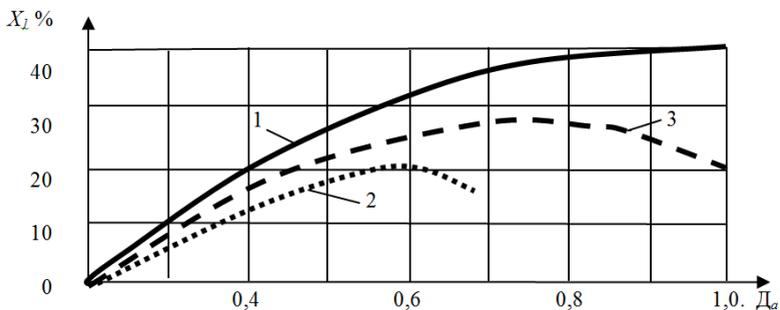


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований зависимости степени превращения от числа Дамкеллера:

1 – ($C_{B0} = 0,200$ моль/дм³; 2 – $C_{B0} = 0,127$ моль/дм³) – равные расходы, расчетные для модели идеального перемешивания;
3 – $C_{B0} = 0,200$ моль/дм³ – разные расходы

Как видно на рис. 2, при увеличении D_a до 0,5, эффективность работы смесителя возрастает при любых соотношениях расходов реагентов. При увеличении числа D_a степень превращения, а следовательно, эффективность падает.

По мере уменьшения D_a , влияние Δ на эффективность несколько падает (рис. 3), но характер кривых сохраняет свой вид. По оси ординат на рисунке 2 отложена разность между рассчитанным по интегралу Данквертса значением степени превращения и ее экспериментальным значением.

В продолжение работ по конструированию статических смесителей авторами статьи была разработана малозатратная, энергосберегающая установка для предварительного смешения реагентов и эффективного проведения процесса хлопьеобразования, защищенная патентом на полезную модель ВУ 4810 [3], которая обеспечивает предварительное смешение реагентов со сточными водами до 90 % в защищенном патентом устройстве для проведения физико-химических процессов [4].

Как показали исследования, степень сегрегации реагентов и обрабатываемых сточных вод при последовательном прохождении их через входной тангенциальный патрубок в верхнюю зону устройства – не менее 95 %.

Практически совокупность этих стадий перемешивания при широком спектре расходов стоков и реагентов приближается к идеальному смесителю.

Исходя из вышеизложенного, следует, что для обеспечения эффективной работы смесителей необходимо обеспечить следующие условия: $D_a = 0,4$; $\Delta = 4-5$; использование статических смесителей предложенной конструкции позволит интенсифицировать процессы перемешивания химических реагентов; полученные данные можно использовать при проектном расчете статических смесителей.

Литература

1. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий / Е. А. Урецкий. – Брест: БГТУ, 2007. – 396 с.
2. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий / Е. А. Урецкий. – Germany: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2014. – 360 с.
3. Вихревой аппарат: пат. 4810 Респ. Беларусь / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз, Е. И. Дмухайло; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № u20080317; заявл. 16.04.2008; опубл. 04.08.2008 / Гос. реестр полезн. моделей.
4. Устройство для проведения физико-химических процессов: пат. 10812 / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. –

№ u20150099; заявл 26.01.2015; опубл. 19.03.2015 / Гос. реестр полезн. моделей.

УДК 628.16

Особенности использования метода упрощенной аэрации подземных вод для напорных установок

Ющенко В. Д.¹, Велюго Е. С.¹, Рашкевич Е. И.², Ершова Е. С.²

¹Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Республика Беларусь,

²Витебское областное унитарное предприятие «Витебскоблводоканал»
Витебск, Республика Беларусь

Описаны результаты исследований, проводимых на модельных лабораторных и напорных фильтрах существующих станций обезжелезивания Витебской области. Представлены результаты экспериментов и выводы по удалению железа и сопутствующих загрязнений из подземных вод с различной интенсивностью подачи воздуха в фильтры.

На выбор метода обработки подземной воды влияет ее исходный состав из скважин, отсутствие учета или завышенные нормы водопотребления, неудовлетворительный гидравлический режим работы всей системы водоснабжения, что является проблемой [1].

Объектом исследования являются подземные воды ряда малых населенных пунктов Полоцкого, Городокского, Россонского и Сеннинского районов Витебской области.

В Витебской области насчитывается 6249 сел и деревень (2018 г.), причем 81,6 % от этого общего числа имеют население до 50 человек, в том числе 1800 поселений – до 10 человек [2]. В большей части из них уже имеются централизованные системы водоснабжения.

Водоснабжение населенных пунктов водой для хозяйственно-питьевого назначения основано на вскрытии соответствующих подземных водоносных горизонтов путем устройства неглубоких скважин, обычно до 90 м.

Анализ проб воды Витебского региона на содержание микроэлементов показал, что в 80 % проб воды из скважин наблюдается повышенная концентрация железа, Метод упрощенной аэрации в напорном варианте используется для большинства станций водоподготовки малых населенных пунктов при местном превышении железа в исходной воде свыше 0,3 мг/дм³ [3, 4].