

Урецкий Е.А., Тишин О.А., Дарманян А.П., Мороз В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ВИХРЕВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СМЕСИТЕЛЯХ

Белорусская Инженерная Технологическая Академия (БИТА);

Волгоградский технический университет;

Брестский государственный технический университет

Введение

Качественное перемешивание различных жидкостей, имеет большое значение для химической технологии. Широко используемые для этой цели аппараты с мешалками не отличаются высокой эффективностью, особенно при перемешивании двухфазных систем. В таких случаях целесообразно применять предварительную гомогенизацию входящих потоков в различного типа устройствах.

Перспективным классом таких устройств являются - статические смесители, в которых отсутствуют вращающиеся детали, а перемешивание осуществляется за счет энергии входящих потоков. Среди статистических смесителей вихревые центробежные смесители [1] благодаря своей простоте и малому гидравлическому сопротивлению занимают особое место.

Однако широкое использование этих устройств ограничено в настоящее время отсутствием каких-либо данных по эффективности их работы. В связи с этим цель настоящего исследования заключалась в экспериментальном изучении качества перемешивания химических реагентов в вихревом центробежном смесителе. Для проведения экспериментов был сконструирован смеситель объемом 110 мл, показанный на рисунке 1.

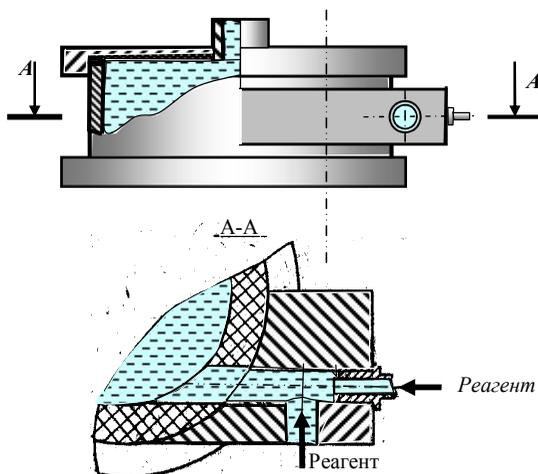


Рисунок 1. Вихревой центробежный смеситель

Он состоит из цилиндрического корпуса, закрытого с обеих сторон плоскими крышками, и снабжен тангенциальным, патрубком, закрытого с обеих сторон плоскими крышками и снабжен тангенциальным патрубком с двумя штуцерами, для подвода перемешиваемых жидкостей. Для выхода смеси использовался отводящий

осевой патрубков. Перемешивание в таком смесителе происходит за счет турбулизации потока жидкости во всем объеме смесителя, Эффективность перемешивания в этом смесителе оценивалась как с точки зрения модели структуры потоков (кривых РВП - распределения времени пребывания), так и с точки зрения перемешивания химических реагентов на молекулярном уровне, т. е. микроперемешивания [2].

Кривые РВП в виде кривых отклика на импульсное возмущение индикатором, в качестве которого был выбран раствор KCl, регистрировались с помощью кондуктометрической ячейки. Анализ полученных кривых отклика показал, что в широком интервале значений расхода жидкости 0,15—0,59 л/мин, что соответствует временам пребывания $\tau=11-43$ с, модель структуры потоков центробежного смесителя отвечает модели идеального перемешивания.

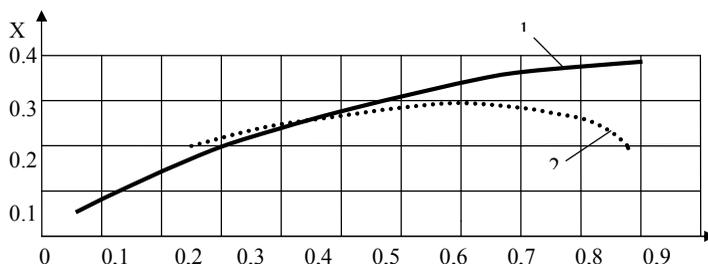


Рисунок 2. Зависимость степени превращения вещества X, % от критерия Дамкеллера:

1 – теоретическая кривая; 2 – экспериментальные значения, полученные при следующих условиях эксперимента: начальная концентрация в $C_0 = 0,2$ моль/л, константа скорости химической реакции $K = 0,125$ моль/л·с при $T=26^\circ\text{C}$, время пребывания $\tau = 11-43$ с

Для оценки эффективности перемешивания в данном устройстве с точки зрения микроперемешивания использовался метод модельной химической реакции, применяемый для изучения аппаратов с мешалками [3] и детально описанный в работе [4]. Согласно этому методу, на вход в смеситель добавались два потока химических реагентов с известной кинетикой реакции, а на выходе из смесителя измерялась степень превращения вещества. Полученные значения сравнивались с максимально возможной величиной превращения вещества, которое имеет место в том случае, когда входящие потоки смешиваются на входе в устройство как можно ранее и не теряют свою индивидуальность вплоть до выхода из устройства, т. е. в состоянии полной сегрегации предварительно смешанных потоков. Всякое снижение степени превращения вещества ниже максимального свидетельствует о неполном смешении входящих потоков жидкости, т. е. как раз о перемешивании на микроуровне.

В настоящем исследовании в качестве модельной реакции была выбрана широко известная реакция омыления этилацетата, имеющая достаточную скорость уже при комнатной температуре, что позволило создать «идеальные» изотермические условия. Проведение этой реакции в вихревом центробежном смесителе при различных расходах реагентов позволило получить зависимость степени превращения вещества X% от критерия Дамкеллера $D_a = kc_0\tau$, (рис. 2). На этом же рисунке приведена зависимость X от D_a для крайнего состояния — полной сегрегации предварительно смешанных потоков, которая рассчитан по следующему выражению:

$$X = 1 - \int_0^{\infty} \frac{e^{-\theta}}{1 + D_a \theta} d\theta$$

Как видно из рисунка 2, при малых значениях $D_a=0,5$ (малых τ , или, что то же самое, больших расходах жидкости) превращение вещества соответствует максимально возможному. Это свидетельствует о том, что на входе в смеситель произошло смешение реагентов на молекулярном уровне. При уменьшении расхода жидкости, когда $D_a > 0,5$, превращение вещества снижается и становится ниже максимального значения. Это свидетельствует о том, что в смесителе часть объема занята перемешанными реагентами или, как говорят [2], часть входящих потоков в течение некоторого времени остается сегрегированной. Таким образом, несмотря на то, что модель структуры потоков исследуемого смесителя отвечает модели, идеального перемешивания, качество смешения реагентов зависит от расхода жидкости, т. е. от энергии входящих потоков.

Поэтому при расчете и проектировании таких устройств необходимо определять область эффективной работы с точки зрения микроперемешивания.

Выводы

1. Проведено экспериментальное изучение модели структуры потоков и качества перемешивания потоков химических реагентов на молекулярном уровне в вихревом центробежном смесителе.

2. Показано, что, несмотря на то, что модель структуры потоков данного устройства отвечает модели идеального перемешивания смешение химических реагентов на молекулярном уровне зависит от критерия Дамкеллера и может быть ниже максимально возможного, и зависит от расхода жидкости.

3. Для повышения эффективности вихревого смесителя необходимо применить перед ним элемент технического решения по патенту на полезную модель №4810 «Вихревой аппарат»[5] заключающийся в использовании тангенциального патрубка подачи обрабатываемой воды и реагентов сплюсненного в двух взаимно перпендикулярных направлениях вдоль оси с образованием овальными сжатыми сечениями, а насадки подачи реагентов расположены под углом к боковым сжатым сечениям.

Список используемых источников

1. Урецкий Е.А., Б.А. Митин Б.А. С.Н. Романов, О.А. Тишин , А.П. Дарманян и Н.В. Тябин, 'Вихревой аппарат' авт. Свидетельство № 1606167 от 15 июля 1990 г.
2. Гордеев Л. С. Жидкофазные химические реакторы- В кн . Процессы и аппараты химических производств. Итоги науки и техники. т,4 М.: ВИНТИ, 1976, с. 82-466.
3. Дарманян А. П., Тишин О. А., Тябин Н. В, Исследование влияния степени смешения реагентов на скорость химической реакции в проточном реакторе.-В кн.: Тез. докл. 8-й Всес. конф. по хим . реакторам (Хим реактор-8), т. 2. Чимкент, 1983, с. 312-317.
4. Дарманян А. П., Тишин О. А., Тябин Н. В. К вопросу об изучении кинетики химических реакций в проточных аппаратах смешения-ЖПХ 1985, №9
5. Урецкий Е.А, Дмухайло Е.И. Мороз В.В. Патент на полезную модель №480 от 200.04.16. "Вихревой аппарат".