

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра органической и биологической химии

Р. С. Бегунов
А. Н. Валяева

Химические реакторы в промышленности

Методические указания

Рекомендовано

*Научно-методическим советом университета для студентов,
обучающихся по специальности
Прикладная информатика в химии*

Ярославль 2011

УДК 66
ББК Л 11я73
Б 37

Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2010/2011 учебного года

Рецензент
кафедра органической и биологической химии
Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова

Бегунов, Р. С. Химические реакторы в промышленности : методические указания / Р. С. Бегунов, А. Н. Валяева; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2011. – 56 с.

В методических указаниях рассмотрены основные типы химических реакторов, используемых в химической промышленности. Приводятся классификация и конструктивные элементы химических реакторов. Подробно представлены аппараты для гомогенных, гетерогенных некаталитических и гетерогенных каталитических процессов.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 080801.65 Прикладная информатика в химии (дисциплина «Основы химической технологии», блок ОПД), очной формы обучения.

УДК 66
ББК Л 11я73

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова, 2011

1. Химический реактор

Химический реактор – устройство, аппарат для проведения химических превращений (химических реакций).

На практике, исходя из назначения или даже внешнего вида, используют много различных названий химических реакторов: реактор, колонна, башня, автоклав, камера, печь, контактный аппарат, полимеризатор, дожигатель, гидрогенизатор, окислитель и другие. Общие схемы некоторых из них приведены на рис. 1.

Реактор 1 – емкостной. Реагенты (чаще жидкость, суспензия) загружают в начале рабочего цикла. Мешалка обеспечивает перемешивание реагентов. Температурный режим поддерживается с помощью теплоносителя, циркулирующего в рубашке или во встроенном теплообменнике. После проведения реакции продукты выгружают, и после очистки реактора цикл повторяется. Процесс периодический.

Реактор 2 – емкостной, проточный. Реагенты (чаще газ, жидкость, суспензия) непрерывно проходят через реактор. Газ барботирует через жидкость.

Реактор 3 – колонный. Характерное для промышленных колонных реакторов отношение высоты к диаметру составляет 4–6 (в емкостных реакторах это отношение около 1). Взаимодействие газа и жидкости подобно таковому в реакторе 2.

Реактор 4 – насадочный. Взаимодействуют газ и жидкость. Объем реактора заполнен кольцами Рашига или другими небольшими элементами – насадкой. Жидкость стекает по насадке. Газ движется между элементами насадки.

Реакторы 5–8 используют в основном для взаимодействия газа с твердым реагентом.

В реакторе 5 твердый реагент неподвижен, газообразный (или жидкий) реагент непрерывно проходит через реактор. Процесс периодический по твердому веществу.

В реакторах 6–8 процесс по твердому реагенту непрерывный. Твердый реагент продвигается вдоль вращающегося наклонно установленного круглого реактора 6 или просыпается через реактор 7 (подобно песочным часам). В реакторе 8 газ подается снизу,

и при достаточно большой скорости подачи газа твердые частицы оказываются во взвешенном состоянии. Это псевдооживленный, или кипящий, слой, который обладает некоторыми свойствами жидкости. Можно организовать непрерывный поток твердого материала через аппарат.

Реакторы 5, 9 используют также для проведения процессов на твердом катализаторе.

Реактор 9 – трубчатый. По виду он подобен кожухотрубному теплообменнику. Через трубки, в которых протекает реакция, проходят газообразные или жидкие реагенты. Обычно в трубки загружен катализатор. Температурный режим обеспечивается циркуляцией в межтрубном пространстве теплоносителя.

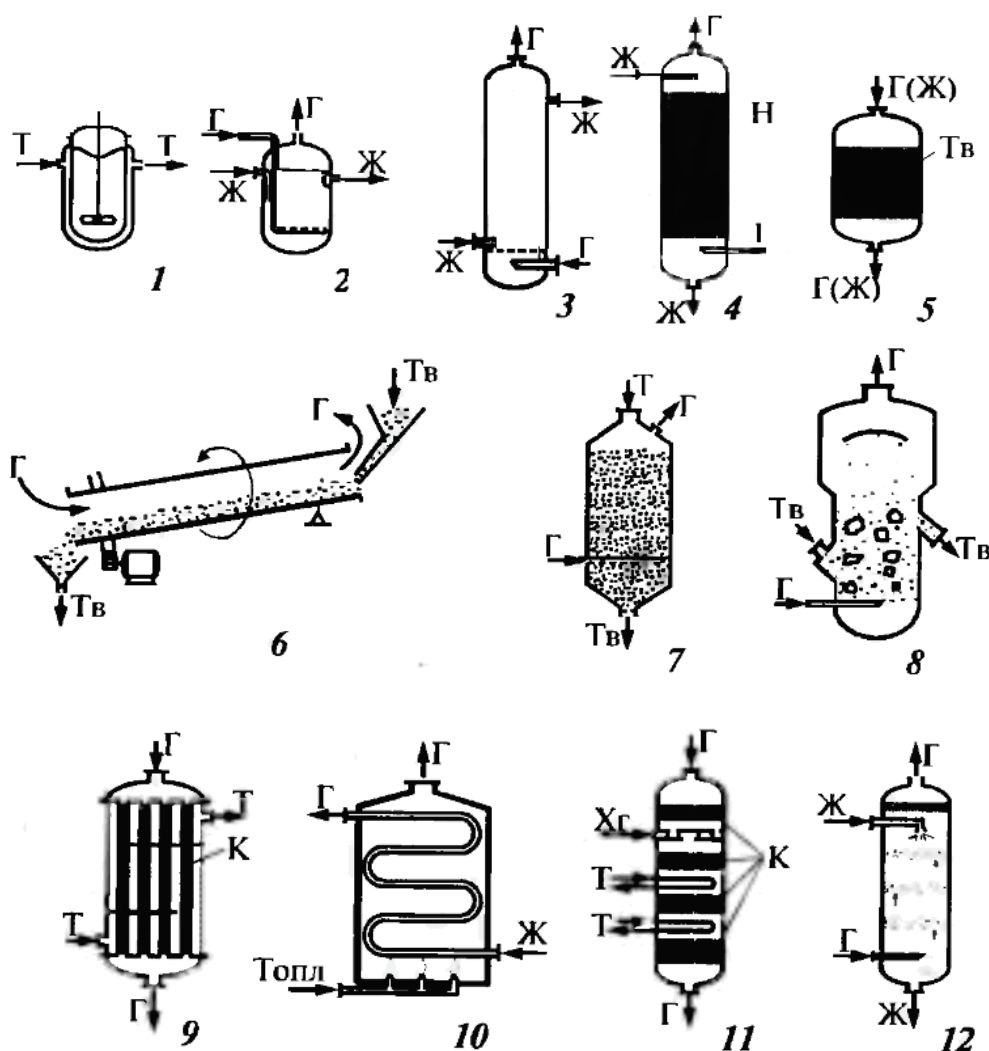


Рис. 1. Схемы химических реакторов: Г – газ; Ж – жидкость; Т – теплоноситель; Н – насадка; Тв – твердый реагент; К – катализатор; Хг – холодный газ

Трубчатый реактор 10 часто используют для проведения высокотемпературных гомогенных реакций, в том числе в вязкой жидкости (например, пиролиз тяжелых углеводородов). Нередко такие реакторы называют печами.

Реактор 11 – многослойный реактор (несколько слоев, например, катализатора) с промежуточным охлаждением (или нагревом) реагирующей смеси. На рисунке показано охлаждение путем ввода холодного газа после первого слоя и нагрев при помощи теплообменников после второго и третьего слоев.

Реактор 12 – многослойный для газожидкостных процессов.

2. Классификация химических реакторов

Наиболее употребимы следующие основания классификации химических реакторов и режимов их работы: 1) режим движения реакционной среды (гидродинамическая обстановка в реакторе); 2) условия теплообмена в реакторе; 3) фазовый состав реакционной смеси; 4) способ организации процесса; 5) характер изменения параметров процесса во времени; 6) конструктивные характеристики.

Классификация реакторов по гидродинамической обстановке. В зависимости от гидродинамической обстановки можно разделить все реакторы на реакторы смешения и вытеснения.

Реакторы смешения – это емкостные аппараты с перемешиванием механической мешалкой или циркуляционным насосом.

Реакторы вытеснения – трубчатые аппараты, имеющие вид удлиненного канала. В трубчатых реакторах перемешивание имеет локальный характер и вызывается неравномерностью распределения скорости потока и ее флуктуациями, а также завихрениями.

В теории химических реакторов обычно сначала рассматривают два идеальных аппарата – реактор идеального, или полного, смешения и реактор идеального, или полного, вытеснения.

Для *идеального смешения* характерно абсолютно полное выравнивание всех свойственных реакции параметров по объему реактора.

Идеальное вытеснение предполагает, что любое количество реагентов и продуктов через реактор перемещается как твердый поршень, и по длине реактора (в пространстве) в соответствии с