

УДК 66.074.2

И.И. ШАРИПОВ¹, М.А. ЛУШНОВ², А.Ф. ЗИАНГИРОВ¹, Э.И. САЛАХОВА³¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;²ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»;³ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ ЧАСТИЦ КАТАЛИЗАТОРА В РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

Ключевые слова: катализатор; крекинг; мелкие частицы; пыль; система улавливания частиц; циклоны.

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные конструкции реакторов с псевдоожигенным слоем. Показано, что в качестве системы улавливания частиц катализатора в них используются циклоны. Проанализированы ключевые недостатки циклонных сепараторов, применяемых в реакторах с псевдоожигенным слоем: высокое гидравлическое сопротивление, повышенный абразивный износ, потеря катализатора и др.

В наши дни в химической и нефтехимической промышленности распространены реакторы с псевдоожигенным слоем для дегидрирования изопарафинов. Они используются в различных отраслях, включая нефтепереработку, производство пластмасс, синтез химических веществ и многие другие.

Конечным продуктом является получение олефинов, потребность в которых увеличивается. Ожидается, что среднегодовой рост олефинов в мире составит около 4,75 % (рис. 1).

Крупными производителями являются ПАО «СИБУР Холдинг» (Россия, Тюменская Область), Shell (UK, London), Chevron Phillips Chemical Company LLC (USA, Woodlands, Texas), JAM Petrochemicals Company (Iran, Eseluye), Mitsubishi Mitsui Chemicals, Inc. (Japan, Tokyo), SABIC (Saudi Arabia, Riyadh) и другие компании. Таким образом, потребность в реакторах и повышении их эффективности будет увеличиваться.

Промышленные химические процессы

можно представить в виде умного сочетания экономической эффективности и экологической продуктивности, при котором из исходного сырья производят необходимый продукт. Химико-технологический процесс состоит из последовательности определенных физических операций. Например, измельчение, фракционирование и нагревание исходных материалов или веществ, а также химических превращений. После этого продукты реакции и непрореагировавшие реагенты проходят через обработку, включающую разделение и очистку с использованием разнообразных методов. Одним из ключевых этапов в процессе, который определяет его основу, является химический. Таким образом, основным объектом, которому уделяется внимание, является химический реактор [1–3].

Достижение требуемой производительности и эффективности осуществляется путем выбора наиболее подходящего типа и конструкции химического реактора. Также выполняют его расчет [4].

Одной из ключевых сложностей при проектировании реактора является «неповторимость» для каждого случая, т.е. для осуществления каждого процесса необходима разработка нового реактора или внесение значимых изменений в существующий.

Химические реакторы классифицируют на следующие группы: гидродинамическая обстановка (рассматривается характер движения реагентов внутри реактора на основе турбулентности и скорости перемешивания), условия теплообмена (рассматриваются тепловые потоки и тепловые эффекты реакции), фазовый состав реакционной смеси (определяются фазы, в которых находят реагенты, продукты реакции и их соотношение), способ организации процес-



Рис. 1. Ожидаемый мировой рынок олефинов к 2029 г.

са (описываются методы, которые применяются для проведения реакции, например, проточные или рециркуляционные системы), характер изменения параметров процесса во времени (описываются нестационарные процессы) и конструктивные характеристики (конструкционные особенности реактора: геометрическая форма, материалы, вид и свойства катализатора и пр.).

Частицы катализатора представляют из себя твердые материалы малого размера, добавляющиеся в реактор для активации и ускорения реакции. Как правило, они имеют размеры от нескольких микрон до нескольких миллиметров. Во время проведения реакции частицы катализатора могут становиться нестабильными, разрушаться или образовывать агрегаты, которые необходимо удалить из реакционной смеси, так как они могут помешать процессу и вызвать загрязнение продукта.

Для решения этой проблемы в реакторах с псевдооживленным слоем применяются системы улавливания частиц. Это специальные устройства, которые позволяют отделить частицы катализатора от реакционной смеси и удалить их из реактора.

На настоящий момент времени широкую распространенность получили реакторы, основанные на применении зернистого катализатора. В результате взаимодействия такого катализатора с газом при определенных гидродинамических режимах работы реактора он способен перейти в состояние псевдооживления, которое характеризуется имитацией свойств жидкости.

Реакторы с псевдооживленным слоем об-

ладают своими преимуществами и недостатками. К положительным сторонам можно отнести высокую теплопроводность и относительно низкое гидравлическое сопротивление. К недостаткам относят истирание частиц в псевдооживленном слое и дополнительные потери катализатора.

Большинство реакторов с псевдооживленным слоем имеют цилиндрическую форму (1), в которых в нижней части расположена газораспределительная решетка (2), над ней располагается псевдооживленный слой катализатора. В ходе работы реактора данного типа газовый поток поступает под газораспределительную решетку через штуцер (4). Периодически в реактор добавляются свежие порции катализатора вместе с сырьем. Отработавший катализатор выводится через штуцер (5) (рис. 2).

Системы улавливания частиц катализатора в реакторах с псевдооживленным слоем играют важнейшую роль в обеспечении эффективности и безопасности процесса. Они способствуют улучшению качества продукта, сокращению загрязнений и повышению производительности реактора.

Анализ представленных реакторов показал, что в качестве системы пылеулавливания используются циклонные сепараторы. Однако они имеют ряд недостатков: 1) высокое гидравлическое сопротивление циклонов; 2) большие потери катализатора и его измельчение при столкновении со стенками циклонов при высоких рабочих скоростях; 3) эрозионный износ циклонов, приводящий к снижению их эффективности; 4) громоздкость и высокая металлоемкость циклонов.

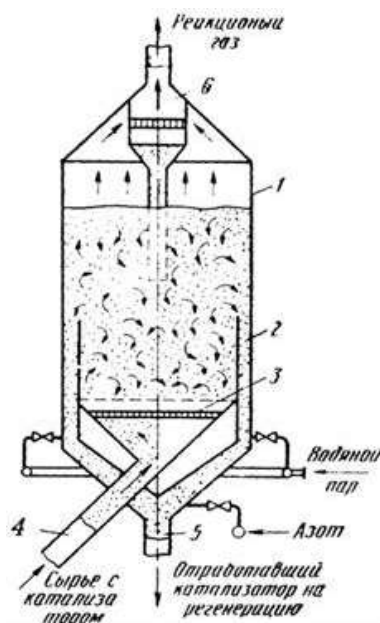


Рис. 2. Реактор с псевдооживленным слоем цилиндрической формы: 1 – корпус; 2 – сыпучий материал, находящийся в псевдооживленном состоянии; 3 – газораспределительная решетка; 4, 5 – штуцер подачи и вывода сырья катализатора; 6 – сепарационное оборудование

Список литературы/References

1. The large-scale production of carbon nanotubes in a nano-agglomerate fluidized-bed reactor / Y. Wang, F. Wei, G. Luo [et al.] // *Chemical Physics Letters*. – 2002. – Vol. 364. – No. 5-6. – P. 568–572.
2. Grace, J.R. Influence of particle size distribution on the performance of fluidized bed reactors / J.R. Grace, G. Sun // *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. – 1991. – No. 5. – P. 1126–1134.
3. Conesa, J.A. Pyrolysis of polyethylene in a fluidized bed reactor / J.A. Conesa, R. Font, A. Marcilla, A.N. Garcia // *Energy & Fuels*. – 1994. – No. 6. – P. 1238–1246.
4. Filtvedt, W.O. Development of fluidized bed reactors for silicon production / W.O. Filtvedt // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. – 2010. – No. 12. – P. 1980–1995.

© И.И. Шарипов, М.А.Лушнов, А.Ф.Зиангиров, Э.И. Салахова, 2024