

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА

Р.А. Кемалов, А.Ф. Кемалов, Д.А. Кириллов, Д.З. Валиев

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань

Институт геологии и нефтегазовых технологий

e-mail: kemalov@mail.ru

Процесс пиролиза можно улучшить и оптимизировать с помощью катализаторов, которые могут повысить селективность, выход и эффективность процесса. Катализаторы могут снизить потребление энергии и увеличить скорость превращения углеводородов, что приводит к более высокому выходу желаемых продуктов и снижению выбросов загрязняющих веществ [1].

Использование катализаторов в пиролизе широко изучалось в течение последних десятилетий и различные типы катализаторов (цеолиты, металлы и оксиды металлов), исследовались на предмет их эффективности в процессе пиролиза [2].

С целью увеличения выходов этилена и пропилена, пропановой и сокращения выхода метана содержащего газа на установке термопиролиза, в проекте предлагается установить блок с выносным лифт-реактором. Таким образом заменить термопиролиз на термокаталитический пиролиз с изменением состава сырья на пропановую [3, 4].

В задачу расчета реактора входит определение его основных размеров-диаметра и высоты, температуры сырья при подаче его в узел смешения с катализатором, температуры катализатора на выходе из реактора, числа циклонов и их гидравлическое сопротивление [5]. Исходными данными для расчета реактора являются: материальный баланс установки таблица 1, пропускная способность реактора $G_c=122550,00$ кг/ч, кратность циркуляции катализатора $R=7.5:1$, температура крекинга $T=550^{\circ}\text{C}$, температура верха реактора 519°C , давление в реакторе 0,16 МПа

Далее проводится расчет, результаты которого занесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Тепловой баланс реактора

Обозначение потока	Состояние	Температура		Расход в кг/ч	Энталпия в кДж/кг	Количество тепла в кВт (
		°C	K			$Q = \frac{I \cdot G}{3600}$
Приход						
с сырьем	Г	T_c	T_c	122550,00	I_c	Q_c
с рециркулятом	Г	519	792	47794,00	1445,26	19187,00
с катализатором	Т	632	905	919125,00	1022,65	261095,33
С водяным паром на отпарку кат.	П	513	786	6508,00	3400,51	6147,25
с водяным паром в транспорт. линию	П	528	801	4902,00	3545,50	11908,15
с остаточным коксом	Т	632	905	1838,25	2271,55	1159,58
Итого						$299497,6+Q_c$

Расход						
с газами крекинга	Г	519	792	928500,00	1254,82	42716,00
с рециркулирующим газом	Г	519	792	47794,00	1445,26	19187,00
с катализатором	Т	519	792	919125,00	883,66	225609,00

с коксом	Т	519	792	10598,25	1962,82	5778,30
с водяным паром на отпарку	П	519	792	6508,00	3410,00	6164,52
с водяным паром в транспорт. линию	П	519	792	4902,00	3410,00	4643,00
На реакцию				122550,00	275,12	12327,36
Потери тепла (0,25%)						1432,65
Итого						317858,01

Результаты использования каталитического термопиролиза и его плюсы относительно безкатализаторного метода:

1. Увеличение выхода олефинов. Оптимизация условий процесса (температура, давление, время реакции) может привести к повышению выхода этилена и пропилена. Обычно температуры около 600-800 °С способствуют эффективному разложению углеводородов и образованию олефинов.

2. Выбор катализатора. Использование эффективных катализаторов (например, на основе металлов группы платины, никеля или алюмосиликата) может значительно повысить селективность и скорость реакции, что, в свою очередь, увеличит выход конечных продуктов.

3. Профили продуктов. При термокатализитическом пиролизе можно контролировать соотношение между этиленом и пропиленом, изменяя условия реакции и тип катализатора. Это позволяет, например, получать больше этилена при определенных температурах и давлениях.

4. Выход чистого водорода. В случае применения пиролиза углеводородов зачастую наблюдается также образование водорода в процессе, что может быть увеличено за счет применения дополнительных реакций, таких как реформинг и параллельные процессы, приводящие к выделению водорода.

5. Энергетическая эффективность. Применение термокатализитического пиролиза может существенно повысить общий КПД установки за счет оптимизации тепловых процессов и использования остаточного тепла

Литература

1. Каталитический пиролиз низкомолекулярного углеводородного сырья / А. Р. Галикеев. - Уфа : Гилем, 2013. - 51 с.
2. Oil and Enterprise. 1984. Octobre, N 254. P 129-151.
3. Адельсон С.В., Воронцова Т.А. Некоторые особенности каталитического пиролиза в присутствии гетерогенных и гомогенных катализаторов // Нефтехимия. М.: Наука. - 1979. - Т. 19. - № 4. - С. 577., Н. П. Кодряну // Нефтехимия – 2021 : материалы IV Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 22–24 ноября 2021 г. – Минск : БГТУ, 2021. С. 1-4.
4. Алфаяд, А.Г.Х. Моделирование установки парового реформинга метана с выделением водорода: учебно-методическое пособие / А.Г.Х. Алфаяд, Д.З. Валиев, Р.А. Кемалов, А.Ф. Кемалов – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2023. – 59 с. - Текст: электронный. - URL: https://repository.kpfu.ru/?p_id=288322 (дата обращения: 18.10.2024). - Режим доступа: открытый.
5. Кемалов А.Ф. Учебное пособие. Серия: Процессы и аппараты нефте- и газохимической переработки. Промышленные установки изомеризации / А.Ф. Кемалов, Р.А. Кемалов // Природные энергоносители и углеродные материалы & Natural energy sources and carbon materials. – 2024. – № 04; URL: energy-sources.esrae.ru/ru/108-277 (дата обращения: 12.10.2024).