

# Исследование закономерностей тримеризации этилена в гексен-1 на хром-пиррольной каталитической системе

*Е.Е. Файнгольд<sup>1</sup>, С.Л. Саратовских<sup>1</sup>, А.Н. Панин<sup>1</sup>, О.Н. Голодков<sup>1</sup>, И.В. Жарков<sup>1</sup>,  
Н.М. Бравая<sup>1</sup>, Е.И. Кнерельман<sup>2</sup>, А.Е. Лазарев<sup>2</sup>, К.К. Коротков<sup>2</sup>, Л.П. Васильева<sup>2</sup>,  
И.В. Седов<sup>2</sup>, П.И. Кульчаковский<sup>3</sup>, Д.А. Ленев<sup>3</sup>*

*ФИЦ ПХФ и МХ, <sup>1</sup>ОПнКМ и <sup>2</sup>ХТО; <sup>3</sup>ООО «НИОСТ»*

## Аннотация

Гексен-1 является одним из важнейших сомономеров, используемых для производства полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП), высших жирных спиртов, альдегидов, пластификаторов и жирных кислот. Селективной тримеризацией этилена возможно получение гексена-1 высокой чистоты (до 99 %). Наиболее эффективным катализатором является многокомпонентная хром-пиррольная каталитическая система (состав: 2-этилгексаноат циркония/2,5-диметилпиррол/триэтилалюминий/диэтилалюминий хлорид). Несмотря на её применение в промышленности компанией Chevron-Phillips, в литературе имеется очень мало информации о кинетических закономерностях тримеризации этилена с её участием в широком диапазоне условий (концентрация катализатора температура, давление этилена, время реакции), и, зачастую, имеющаяся информация является противоречивой. Интересной и промышленно актуальной задачей является изучение кинетических закономерностей тримеризации этилена в полупериодическом и непрерывном режимах процесса и подбор оптимальных условий реакции для селективного получения гексена-1 с максимальным выходом.

В работе представлены результаты тримеризации этилена в гексен-1 на хром-пиррольной каталитической системе, предоставленной ООО «НИОСТ», в полупериодическом и непрерывном режимах процесса при варьируемых условиях реакции. Продемонстрировано влияние концентрации катализатора, температуры, давления этилена на кинетический профиль кривых зависимостей скорости реакции от времени. Предложена обобщённая схема сложного многостадийного процесса тримеризации этилена в гексен-1. Проведена оптимизация процесса по 4 параметрам (концентрация катализатора, температура реакции, давления этилена, время пребывания катализатора в реакторе), позволившая обеспечить высокий целевой выход гексена-1 с минимальным образованием побочных продуктов (децены, полимер) и стационарный режим непрерывного процесса тримеризации этилена. Оптимальные условия:  $[Cr]=2.33$  мг/л,  $T=105^{\circ}C$ ,  $p=2.4$  МПа,  $t_{\text{преб.кат.}}=60$  мин. Показано, что накопленный массив экспериментальных данных не позволяет провести описание процесса тримеризации в рамках единой кинетической модели, связанное с многостадийностью процесса и сложностью прямого экспериментального определения кинетических закономерностей каждой из стадий (образование каталитических интермедиатов, инициирование, протекание побочных реакций с участием компонентов каталитической системы, реакций три-, олиго- и полимеризации).

Вместе с тем, с учетом ряда допущений в узком диапазоне концентрации катализатора (1,165-3,500 мг/л), температур (105-120 $^{\circ}$ C) и давления этилена (1.8-3.0 МПа) разработана упрощённая кинетическая модель реакции тримеризации этилена в гексен-1.

Результаты работы использованы для проектирования производства гексена-1 на ПАО «Нижнекамскнефтехим» (ПАО «Сибур Холдинг»).

Работа выполнена при финансовой поддержке ПАО Сибур Холдинг и Министерства науки и высшего образования РФ, государственное задание № гос. регистрации 124013000722-8.

## Публикации:

1. Файнгольд Е.Е., Саратовских С.Л., Кнерельман Е.И., Панин А.Н., Голодков О.Н., Жарков И.В., Кульчаковский П.И., Белинская Н.С., Ленев Д.А., Бравая Н.М., Седов

И.В. Исследование закономерностей тримеризации этилена в гексен-1 на хром-пиррольной каталитической системе Катализ в промышленности.2025. Т. 25, №3 (Статья принята в печать).

2. Кульчаковский П.И., Ермолаев В.С., Саратовских С.Л., Файнгольд Е.Е., Седов И.В., Биктимиров А.А., Лнев Д.А. Кинетическая модель селективной тримеризации этилена в гексен-1 на хром-пиррольном катализатор. Катализ в промышленности. 2024 Т. 24, №4, С. 65-77.