

УДК 66.095.21

<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.1008>

EDN [YSUJTG](#)

Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде Aspen Hysys и анализ работы модели

Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Н.Ю. Башкирцева

Казанский национальный исследовательский технологический университет, пр. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, 420015, Россия

*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

Аннотация. В статье предлагается схема моделирования процесса низкотемпературной каталитической изомеризации. В настоящее время изомеризация легких бензиновых фракций является одним из необходимых процессов для получения высококачественного бензина. Это связано с введением новых экологических норм, накладывающих ограничения на содержание ароматических соединений. Сырьем для его производства является фракция н.к.-75 °С, состоящая из нормальных парафинов с низким октановым числом. В ходе моделирования описана технологическая схема процесса, получен материальный баланс установки. Данная модель позволяет оценить технологию данного процесса, в связи с чем уменьшается вероятность несчастных случаев на производстве и вероятность ошибок во время ведения технологического процесса.

Ключевые слова: Aspen Hysys, изомеризация, цифровое моделирование, октановое число.

Simulation of a low-temperature isomerization plant in an Aspen Hysys environment and analysis of the model operation

D.S. Gaifullin, E.V. Garifullina, N.Yu. Bashkirtseva

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Ave., Kazan, Rep. Tatarstan, 420015, Russia.

*E-mail GarifullinaEV@fnnh.ru

Abstract. The article proposes a scheme for modeling the process of low-temperature catalytic isomerization. Currently, isomerization of light gasoline fractions is one of the necessary processes for obtaining high-quality gasoline. This is due to the introduction of new environmental regulations that impose restrictions on the content of aromatic compounds. The raw material for its production is a fraction of n.k.-75 °C, consisting of normal paraffins with a low octane number. During the simulation, the technological scheme of the process is described, the material balance of the installation is obtained. This model allows you to evaluate the technology of this process, which reduces the likelihood of accidents at work and the likelihood of errors during the technological process.

Keywords: Aspen Hysys, isomerization, digital modeling, octane number.

1. Введение

В настоящее время одним из актуальных процессов получения высокооктановых компонентов бензинов является - изомеризация легких бензиновых фракций. Это связано с введением новых экологических норм, накладывающих ограничения на содержание ароматических соединений. На установке изомеризации получают стабильный изомеризат, насыщенный разветвленными углеводородами, который является высокооктановым компонентом бензинов, содержащая малый процент ареновых соединений и обладает рядом ценных свойств для получения автомобильных бензинов. Сырьем для его производства является фракция легкой нефти с интервалом кипения н.к.-75°C, состоящая в основном из нормальных парафинов с низким октановым числом [1-2].

Для решения задач оптимизации технологических процессов, снижения затрат и прогнозирования свойств получаемых продуктов, применяют методы моделирования [3-5].

2. Постановка задачи

Для модернизации процесса и получения быстрого отклика на возможные изменения в технологической схеме, предлагается построить динамическую модель установки низкотемпературной каталитической изомеризации пентан-гексановой фракции в программном пакете Aspen Hysys.

2.1. Описание технологической схемы

Схема процесса состоит из блока предварительного смешения сырья (MIX-100), где в один поток смешиваются фракция н.к.-75°C, гексановый рециркулят и водородсодержащий газ. Далее смесь подогревается в теплообменнике за счет пара среднего давления (E-100) и подается в два последовательно стоящих реактора изомеризации R-601 и R-602, где происходят целевые реакции. Отметим, что реакции изомеризации сами по себе слабо экзотермические, но для протекания целевых реакции все равно необходимо поддерживать низкие температуры и высокие давления. С этой целью после первого реактора располагается теплообменник, снимающий избыточное тепло.

После реакторного блока газопродуктовая смесь поступает в колонну стабилизации T-100, где разделяется на газ, в составе которого C1-C4, и стабильный

изомеризат. Жидкая часть поступает в колонну деизогексанизатор (ДИГ), где стабильный изомеризат делится на три ключевых потока: легкий изомеризат, тяжелый изомеризат и рецикл, насыщенный н-гексаном. Гексан возвращается в процесс, так как он имеет низкое октановое число. Легкий и тяжелый изомеризат отправляется в товарный парк на смешение с другими компонентами бензина.

3. Методы и материалы исследования

Исходными данными для построения модели являлись: состав газовой смеси, поступающей на установку, температура, давление и массовый расход [6-7]. В процессе моделирования использовался программный пакет Peng-Robinson. Технологическая схема смоделированного процесса представлена на рисунке 1.

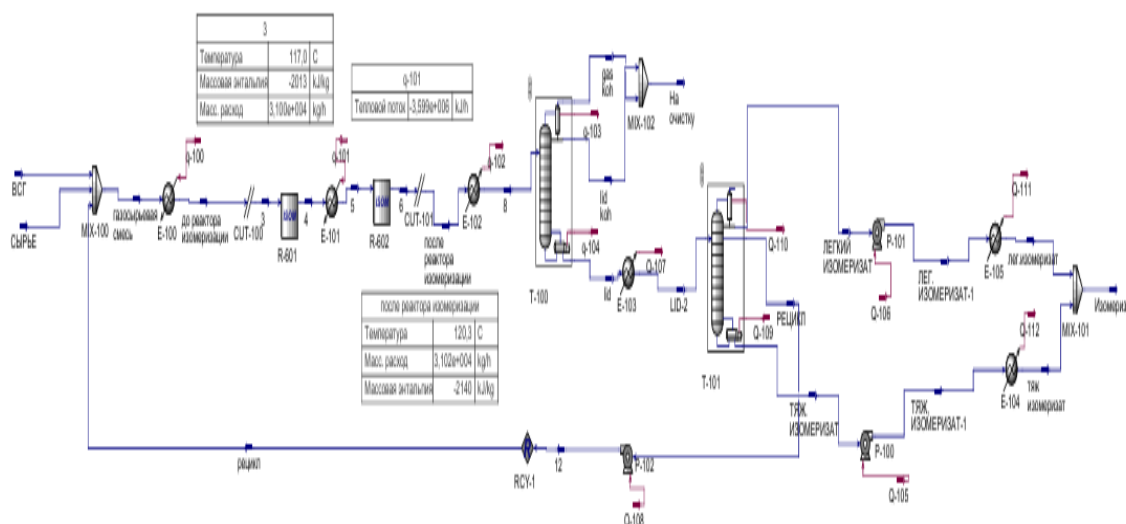


Рисунок 1. Технологическая схема процесса низкотемпературной каталитической изомеризации пентан-гексановой фракции.

4. Полученные результаты

Рассмотрим эффективность работы данной модели с помощью сравнения сырьевого потока до и после реакторного блока, чтобы убедиться в правильности составления технологической схемы. Состав сырья и продукта представлен в таблице 1.

Таблица 1. Состав сырья и продуктов блока каталитической изомеризации

Компоненты	Газосырьевая смесь		Газопродуктовая смесь	
	кг/ч	% масс.	кг/ч	% масс.
Водород	270,76	0,87	136,5	0,45
Метан	160,6	0,52	201,22	0,67
Этан	143,19	0,46	267,07	0,89
Пропан	113,38	0,37	1585,89	5,28
Изобутан	100,34	0,32	4200,94	14
Н-бутан	174,13	0,56	1509,13	5,03
Изопентан	203,68	0,66	4498,47	14,99
Н-пентан	6800,58	21,94	2510,78	8,37
2-метилпентан	5459,42	17,61	2631,76	8,77
2,3-диметилбутан	1682,85	5,43	1595,38	5,32
3-метилпентан	4205,17	13,56	2263,95	7,54
2,2-диметилбутан	1777,19	5,73	3610,99	12,03
Циклопентан	516,8	1,67	515,72	1,72
Метилциклопентан	1287,08	4,15	1150,7	3,83
Циклогексан	724,17	2,34	1151,25	3,84
Бензол	363,8	1,17	0,14	0
2,2-диметилпентан	30,18	0,1	29	0,1
2,4-диметилпентан	60,22	0,19	60	0,19
Н-гексан	6929,31	22,35	2105,09	6,79
Итого	31002,82	100	31002,82	100

Благодаря моделированию были получены данные о содержании компонентов после реакторного блока. Как мы можем заметить после реактора изомеризации произошел большой прирост разветвленных углеводородов, что говорит о верности проведения данного процесса. Модель сама просчитывает математические преобразования исходя из заданных параметров. В будущем, изменяя параметры входных потоков или любой другой технологический параметр, возможно будет оценивать изменение других

характеристик и влияние их на работу установки, а также на качество получаемой продукции.

5. Выводы

Таким образом, получена модель, адекватно описывающая процесс каталитической изомеризации пентан-гексановой фракций, может быть использована для анализа работоспособности промышленных технологических схем. Данную модель можно использовать на реальных установках нефтегазового кластера для контроля технологических параметров, для предсказания их изменений при другом сырье или использовании другого катализатора для проведения процесса.

Список литературы

1. Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива: Учебное пособие / С.А. Ахметов. – СПб Недра, 2007. – 312 с.
2. Полтырихин Е.В. Автобензины класса ЕВРО-5. Новые российские конкурентоспособные технологии производства / Е.В., Полтырихин, Д.В. Врублевский // Neftegaz.ru., 2020. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/631240-avtobenziny-klassa-evro-5-novye-rossiyskie-konkurentosposobnye-tekhnologii-proizvodstva/>.
3. Шафиков Р.Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях / Шафиков Р.Р., Фарахов М.М., Гарифуллина Э.В., Бронская В.В., Алексеев В.А. // Вестник Технологического университета. –2023. – Т. 26. – № 12. – С.124-128.
4. Харитонов О.С. Применение искусственных нейронных сетей в нефтегазовой отрасли / Харитонов О.С., Бронская В.В., Бальзамов Д.С., Костромин Р.Н., Игнашина Т.В., Гарифуллина Э.В. // В книге: Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2022 (МНТК "ИМТОМ-2022"). Материалы XI Международной научно-технической конференции. – Казань, – 2022. – С. 306-310.
5. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Шафиков Р.Р., Шагаев Л.Н., Гарифуллина Э.В., Бронская В.В. // Вестник технологического университета. – 2024, – Т. 27. –№ 8. – С.104-108.

6. Королева А.Н. Моделирование процесса изомеризации легких бензиновых фракций в программном пакете Aspen Hysys и анализ полученных результатов / А.Н. Королева, В.А. Бахман, Е.Л. Царегородцев // Международный научно-исследовательский журнал. – № 7 (133).
7. Ахметов С.А. Тенденции развития процесса изомеризации в России и за рубежом / С.А. Ахметов, Е.А. Ясакова, А.В. Ситдикова // Нефтегазовое дело. – 2010.