

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.25>**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ ЛЕГКИХ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ ASPEN HYSYS И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Научная статья

Королева А.Н.^{1,*}, Бахман В.А.², Царегородцев Е.Л.³^{1,2,3} Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nastya5bysun[at]yandex.com)

Аннотация

Одним из известных и наиболее популярных способов повышения октанового числа является процесс изомеризации легких бензиновых фракций на нефтеперерабатывающих заводах. Для описания данного процесса был смоделирован процесс изомеризации легких бензиновых фракций в программном пакете Aspen Hysys. В ходе проведения эксперимента были получены значения производительности установки, а также путем математического моделирования в программе получен материальный баланс установки. Описана технологическая схема, которая была взята за основу для создания модели в пакете Aspen Hysys. Данная программа позволяет адекватно оценить технологическую среду моделируемого процесса, благодаря чему уменьшается количество ошибок на производстве, что повышает качество и производительность технологического процесса.

Ключевые слова: изомеризация, моделирование, Aspen Hysys, бензин, октановое число.**MODELLING OF THE LIGHT NAPHTHA ISOMERIZATION PROCESS WITH ASPEN HYSYS SOFTWARE AND AN ANALYSIS OF THE RESULTS**

Research article

Koroleva A.N.^{1,*}, Bakhman V.A.², Tsaregorodtsev Y.L.³^{1,2,3} Smolensk branch of Moscow Power Engineering Institute, Smolensk, Russian Federation

* Corresponding author (nastya5bysun[at]yandex.com)

Abstract

One of the best known and most popular methods of increasing octane number is the process of isomerization of light petrol fractions in refineries. To describe this process, the light naphtha isomerization process was modelled in the Aspen Hysys software package. In the course of the experiment the values of plant capacity were obtained, as well as by mathematical modelling in the program the material balance of the plant was obtained. The process flow diagram, which was taken as a basis for creating a model in the Aspen Hysys package, is described. This software allows adequate evaluation of the technological environment of the simulated process, thus reducing errors in production, which improves the quality and productivity of the technological process.

Keywords: isomerization, modelling, Aspen Hysys, petrol, octane number.**Введение**

В современном мире большинство видов транспорта в качестве топлива использует бензин. Конечно, существуют и другие виды транспорта, которые используют альтернативные виды энергии в качестве горючего, но транспорт на бензиновом или дизельном топливе все равно занимает лидирующие позиции. Одним из основных параметров бензина является октановое число. С помощью октанового числа можно узнать такие характеристики, как: эксплуатационные свойства, запас хода, стойкость к детонации и так далее. Чем выше будет октановое число, тем лучше детонационная устойчивость, что повышает качество бензина.

Существует множество способов, благодаря которым можно повысить октановое число, поскольку полученный компонент для смешения автомобильного бензина имеет на начальном этапе октановое число около 60 пунктов. Основные способы – это либо добавление специальных присадок, либо же процессы вторичной перегонки на нефтеперерабатывающих заводах, которые на химическом уровне позволяют произвести перегруппировку углеводородов и получить после таких процессов октановое число выше 90 пунктов [1].

Одним из известных и наиболее популярных способов повышения октанового числа является процесс изомеризации легких бензиновых фракций на нефтеперерабатывающих заводах. Изомеризация – это процесс перегруппировки линейных углеводородов путем присоединения в соединения с разветвленной цепью, которая имеет более высокое октановое число [2]. В настоящее время существующие установки изомеризации модернизируют с целью получения высококачественного стабильного изомеризата, который будет соответствовать современным экологическим условиям. Для этого чаще всего на установках заменяют в реакторах катализатор на отечественный (например, СИ-2, который позволяет производить его замену спустя 10 лет, что положительно влияет на экономику), а также добавляют в установки изомеризации дополнительные блоки реакторов для увеличения глубины изомеризации [3], [4]. Еще одним из вариантов модернизации установки является изменение в конструкции реактора, например, модернизация распределительной тарелки.

Но так как мир не стоит на месте, многие процессы на нефтеперерабатывающих заводах автоматизированы и человек контролирует все необходимые параметры сидя за компьютером в диспетчерской. Автоматизация процесса

изомеризации с помощью моделирования в специальных компьютерных программах позволит с помощью математической модели предложить различные варианты использования установок, на которых получают автомобильные бензины. Благодаря тому, что не нужно на реальных установках изменять входные параметры, очень сильно снижаются производственные и экономические потери. С помощью математической модели можно оперативно оценить необходимость изменения параметров, оценить конечный продукт и возможность внесения изменений в процесс автоматизации технологии. Точность процесса увеличивает производительность предприятия [5].

Данная тема является актуальной, так как благодаря применению специальных программ для моделирования технологических процессов (наиболее известная и часто используемая – это Aspen Hysys) в процессе изомеризации легких бензиновых фракций можно добиться сокращения непосредственного участия человека в процессе, уменьшить затраты на сырье и увеличить выход на качественном и количественном уровне готового продукта.

Цель работы – смоделировать технологический процесс изомеризации в программном пакете Aspen Hysys с получением данных об основных технологических параметрах для дальнейшего анализа и возможного применения на реальных установках.

Программный продукт AspenHysys [6], [7] позволяет моделировать и оптимизировать химико-технологические процессы и системы, чаще всего применяется в переработке нефти и газа.

Описание технологического процесса изомеризации и моделирование в программе

На рисунке 1 представлена схема оборудования, по которой в дальнейшем будет проводить процесс моделирования.

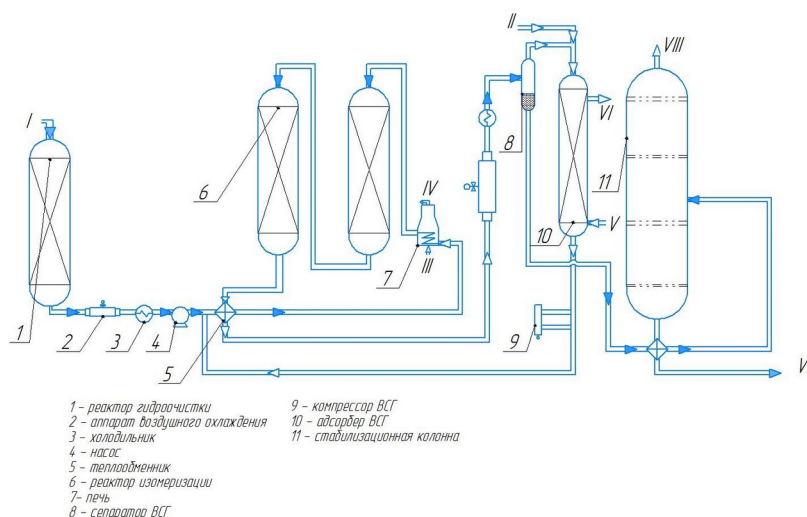


Рисунок 1 - Схема оборудования

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.25.1>

Исходная фракция поступает на реактор гидроочистки с центральной газодиффузионной установкой (ЦГФУ). Сырье I, смешанное с водородсодержащим газом участвует в процессе гидроочистки, после чего в аппарате воздушного охлаждения 2 и водяном холодильнике 3 охлаждается, затем подается на насос 4. Нагревается в теплообменнике 5 и далее через змеевик трубчатой печи 7 поступает в реактор 6, заполненный катализатором.

После реакции изомеризации, парогазовая смесь продуктов реакции охлаждается и конденсируется в аппаратах воздушного охлаждения 2 и водяном холодильнике 3. На верх газого сепаратора 8 поступает водород II, в газовом сепараторе отделяется водородсодержащий газ, который, смешиваясь со свежим водородом и проходит адсорбер 10, заполненный цеолитом для удаления влаги. Осушенный газ поступает на прием компрессора 9, после чего снова отправляется на циркуляцию. Нестабильный изомеризат забирается из нижней части сепаратора 8, подогревается в теплообменнике 5 и подвергается стабилизации в колонне 11, из нижней секции которой уходит стабильный изомеризат VII, направляемый на разделение на ЦГФУ, после чего на смешение автобензинов, а с верхней части колонны 11 уходит углеводородный газ VIII в заводскую топливную сеть [8].

В качестве исходных данных при моделировании процесса изомеризации задавались такие параметры, как [9]:

- 1) начальное давление и температура двух потоков – нестабильного изомеризата и водородсодержащего газа;
- 2) плотность катализатора;
- 3) компонентный состав двух потоков в мольных долях;
- 4) габаритные размеры реактора, температура и давление внутри реактора.

Данные для моделирования учитывались также из паспортов оборудования и технических условий на использование оборудования, которые предоставляются производством.

Выделяется несколько схем проведения изомеризации, но чаще всего прибегают к проведению низкотемпературной изомеризации с применением специальных катализаторов. В данном моделировании за основу был взят катализатор СИ-2, так как он является наиболее лучшим из существующих на рынке [10].

Моделирование процесса изомеризации решается в системе нелинейных одновременно решаемых уравнений. На рисунке 2 представлена технологическая схема процесса изомеризации, собранная в пакете Aspen Hysys.

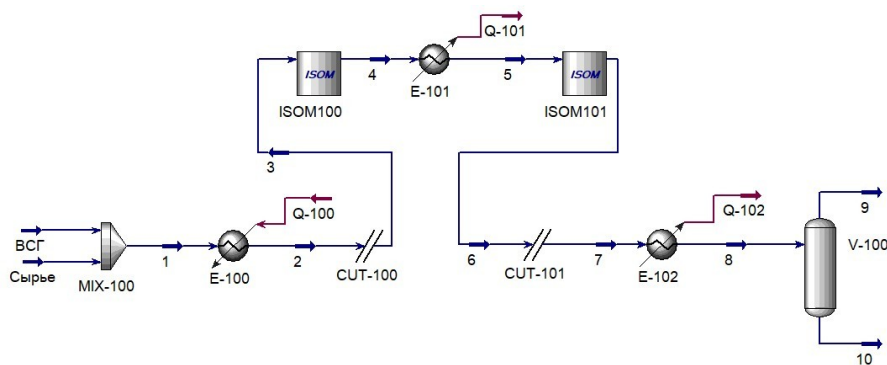


Рисунок 2 - Технологическая схема процесса изомеризации
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.25.2>

По ходу продвижения схемы указывались параметры, а также дополнительно на теплообменниках указывался приход или уход тепла. В начале указано два потока, поступающих в смеситель, состав которых вносился в программу. В схеме установлены два реактора изомеризации, а завершающим оборудованием является сепаратор, обуславливающий, что после отстаивания в нем газожидкостной смеси появляется два потока: 9-й – это водородсодержащий газ, а 10-й – это стабильный изомеризат.

Анализ полученных данных

На рисунке 3 представлено окно программы Aspen Hysys с результатами решения задачи оценки параметров.

Условие	Массовые расходы	Паровая фаза
Условие	0,0000	0,0000
Свойства	0,0000	0,0000
Состав	0,0000	0,0000
Подача нефти и газа	708,9390	708,9390
Подача углеводородов	483,6687	483,6687
Конст. равн.	36,4488	36,4488
Пользов. переопре.	708,9390	708,9390
Прим.	5760,9775	2760,9775
Парам. сточи.	778,5078	778,5078
Нормализ. выходы	628,9598	628,9598
Выбросы	1522,8876	1522,8876
	7486,9258	7486,9258
	5048,7057	5048,7057
	5426,3648	5426,3648
	2660,1776	2660,1776
	1206,8000	1206,8000
	417,4127	417,4127
	1,8677	1,8677
	1,3251	1,3251

Рисунок 3 - Окно программы Aspen Hysys с результатами решения задачи оценки параметров
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.25.3>

В ходе проведения эксперимента с учетом использованных данных была построена имитационная модель схемы установки в программной среде моделирования Aspen Hysys, которая является лицензированной и повсеместно применяется на нефтеперерабатывающих заводах. Такая модель полностью соответствует установкам на нефтеперерабатывающих заводах и процессам, которые на них происходят. Благодаря процессу моделирования были получены данные о содержании компонентов, входящих в оба потока, а также получена производительность установки исходя из заданных параметров. Программа автоматически проводит математические преобразования согласно заданным параметрам. В дальнейшем, изменяя необходимые параметры, благодаря моделированию можно адекватно оценивать изменение тех или иных характеристик и влияние их на работу установки, и выход исходных продуктов.

Вариант имитационной модели схемы установки в программной среде моделирования Aspen Hysys позволяет с достаточной точностью описать реальную систему. При этом это важно с точки зрения дороговизны и невозможности экспериментировать на реальном объекте; имитации поведения системы в кратчайшее время и невозможности построения исчерпывающей аналитической модели. Предложенная модель соответствует установкам на нефтеперерабатывающих заводах и процессам, которые на них происходят, поскольку в данном моделировании был воспроизведен реальный процесс изомеризации с действующей установкой. Такая логика используется в среде моделирования Aspen Hysys на основе соответствующего математического аппарата. Появляется

возможность еще перед практическими испытаниями на производстве правильно определить направление эксперимента с выявлением ряда закономерностей технологического процесса.

Заключение

Таким образом, произведено моделирование и оценка работоспособности установки изомеризации легких бензиновых фракций с помощью построения модели в среде Aspen Hysys. Определены параметры работы установки (производительность и количественное содержание компонентов).

Полученная модель может быть модернизирована в зависимости от видов проведения изомеризации, а также изменено оборудование внутри схемы с целью проведения моделирования для анализа работоспособности предложенной технологической схемы. В целом данная модель работоспособна, и может применяться на реальных установках нефтепереработки для контроля параметров на основании паспорта программы, который разрешает программу использовать при решении прикладных задач оценки технологических процессов.

В дальнейшем в работе планируется модернизировать реактор изомеризации, а с помощью модели оценить, насколько изменение в оборудовании будет влиять на производительность и выход целевого продукта.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Хаимова Т.Г. Изомеризация как эффективный путь производства высокооктановых компонентов бензина / Т.Г. Хаимова, Д.А. Мхитарова. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2005. — 80 с.
2. Ахметов С.А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых / С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.А. Кауфман. — Спб.: Недра, 2009. — 832 с.
3. Ахметов А.Ф. Основы нефтепереработки / А.Ф. Ахметов, Н.К. Кондрашева, Е.В. Герасимова. — Спб.: Недра, 2012. — 280 с.
4. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Ю.И. Дытнерский. — М.: Химия, 1991. — 496 с.
5. Лисицын Н.В. Разработка моделей аппаратов химической технологии в системе компьютерного моделирования HYSYS / Н.В. Лисицын, В.И. Федоров. — Спб.: СПбГТИ (ТУ), 2005. — 30 с.
6. AspenTech. — URL: <http://www.aspentech.com> (accessed: 12.03.23)
7. Будник В.А. Методическое пособие по программе подготовки студентов технологических дисциплин. Работа в среде «HYSYS» / В.А. Будник. — Салават, 2010. — 80 с.
8. Абрамова Л.И. Материальные расчеты технологических процессов переработка природных носителей. Химические процессы / Л.И. Абрамова. — Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2015. — 205 с.
9. Технологический регламент установки изомеризации ОАО «Газпром-нефть-ОНПЗ». — Омск, 2010. — 556 с.
10. Буй Ч.Х. Сравнительный анализ различных схем изомеризации пентан-гексановой фракции / Ч.Х. Буй, В.Т. Нгуен, А.Ф. Ахметов // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2008. — № 2. — С. 22-25.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Haimova T.G. Izomerizacija kak jeffektivnyj put' proizvodstva vysokooktanovyh komponentov benzina [Isomerization as an Effective Way to Produce High-Octane Gasoline Components] / T.G. Haimova, D.A. Mhitareva. — M.: Central Scientific Research Institute of information and feasibility studies of oil refining and petrochemical industry, 2005. — 80 p. [in Russian]
2. Ahmetov S.A. Tehnologija pererabotki nefti, gaza i tverdyh gorjuchih iskopaemyh [Oil, Gas and Solid Fuels Processing Technology] / S.A. Ahmetov, M.H. Ishmijarov, A.A. Kaufman. — Spb.: Nedra [Subsoil], 2009. — 832 p. [in Russian]
3. Ahmetov A.F. Osnovy neftepererabotki [Fundamentals of Refining] / A.F. Ahmetov, N.K. Kondrasheva, E.V. Gerasimova. — SPb.: Nedra [Subsoil], 2012. — 280 p. [in Russian]
4. Dytnerskij Ju.I. Osnovnye processy i apparaty himicheskoj tehnologii: posobie po proektirovaniju [Basic Processes and Apparatuses in Chemical Engineering: Design Manual] / Ju.I. Dytnerskij. — M.: Himija [Chemistry], 1991. — 496 p. [in Russian]
5. Lisicyan N.V. Razrabotka modelej apparatov himicheskoj tehnologii v sisteme komp'juternogo modelirovaniya HYSYS [Developing Chemical Process Apparatus Models in the HYSYS Computer Simulation System] / N.V. Lisicyan, V.I. Fedorov. — SPb: Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 2005. — 30 p. [in Russian]
6. AspenTech. — URL: <http://www.aspentech.com> (accessed: 12.03.23)
7. Budnik V.A. Metodicheskoe posobie po programme podgotovki studentov tehnologicheskikh disciplin. Rabota v srede «HYSYS» [Methodological Guide for the Training Programme for Students of Technological Disciplines. Working in the HYSYS Environment] / V.A. Budnik. — Salavat, 2010. — 80 p. [in Russian]

8. Abramova L.I. Material'nye raschety tehnologicheskikh processov pererabotka prirodnyh nositelej. Himicheskie processy [Material Calculation of Technological Processes for the Processing of Natural Media. Chemical Processes] / L.I. Abramova. — Nizhnij Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alexeyev, 2015. — 205 p. [in Russian]
9. Tehnologicheskij reglament ustanovki izomerizacii OAO «Gazprom-neft'-ONPZ» [Process regulations for the isomerization unit at Gazprom Neft-Omsk Refinery]. — Omsk, 2010. — 556 p. [in Russian]
10. Buj Ch.H. Sravnitel'nyj analiz razlichnyh shem izomerizacii pentan-geksanovoj frakcii [A Comparative Analysis of Different Schemes for the Isomerization of the Pentane-Hexane Fraction] / Ch.H. Buj, V.T. Nguen, A.F. Ahmetov // Neftepererabotka i neftehimija [Refining and Petrochemicals]. — 2008. — № 2. — P. 22-25. [in Russian]