



Горелов Д. А., Сариллов М. Ю.
D. A. Gorelov, M. Yu. Sarilov

**РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ИЗОМЕРИЗАЦИИ С ЦЕЛЮ
ВОВЛЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕСС ГЕПТАН-ОКТАНОВОЙ ФРАКЦИИ**

**RECONSTRUCTION OF CATALYTIC ISOMERIZATION INSTALLATION UNIT
TO INVOLVE HEPTAN-OCTANE FRACTION INTO PROCESS**

Горелов Дмитрий Александрович – магистрант кафедры машин и аппаратов химических производств Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: gorelov.dmitrii1994@mail.ru.

Mr. Dmitriy A. Gorelov – Master's Degree Student, Machinery and Equipment of Chemical Industry Department, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: gorelov.dmitrii1994@mail.ru.

Сариллов Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов химических производств Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: sarilov@knastu.ru.

Mr. Mikhail Yu. Sarilov – Dr. habil. in Engineering, Head of Machinery and Equipment of Chemical Industry Department, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: sarilov@knastu.ru.

Аннотация. В данной работе изучен способ изомеризации бензиновой фракции, содержащей углеводороды C7-C8. На базе технологии изомеризации C7+ углеводородов – «Изомалк-4» – смоделирована установка изомеризации углеводородов C7+ в среде ChemCAD компании Chemstation (США). Смоделирован блок фракционирования широкой бензиновой фракции н.к.–160 °С предприятия ООО «РН-Комсомольский НПЗ».

Summary. The authors study isomerization gasoline fraction containing C7-C8 hydrocarbons. Based on the isomerization technology C7+ hydrocarbons «Isomalk-4» isomerization installation unit C7+ hydrocarbons «Isomalk-4» using ChemCAD program of Chemstation Company (USA) was created. wide gasoline fraction IBP–160 °C block fractionation was produced at enterprise LLC «ROil-Komsomolsk Refinery».

Ключевые слова: изомеризация гептана, катализатор, бензиновые фракции, переработка, изомалк, моделирование в ChemCAD.

Key words: heptane isomerization, catalyst, gasoline fractions, processing, isomalk, modeling in ChemCAD.

УДК 66.02

Введение

Одной из основных тенденций, влияющих на качество автомобильных топлив, является ужесточение экологических требований к выпускаемым моторным топливам. Требования приводятся в техническом регламенте «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», утверждённом постановлением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2008 г.

Бензины, отвечающие требованиям «Евро», отличаются от обычных не октановым числом, а содержанием примесей.

Основные требования к характеристикам автомобильного бензина представлены в табл. 1.

Требования стандартов серии «Евро» к автомобильным бензинам

Показатели	Требования			
	Евро-2	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Максимальное содержание:				
Сера, мг/кг	500	150	50	10
Бензол, % об.	5	1	1	1
Ароматик, % об.	-	42	35	35
Олефины, % об.	-	18	18	18
Кислород, % об.	-	2,7	2,7	2,7

Самым широко используемым каталитическим процессом производства топлив с повышенным октановым числом является процесс каталитического риформинга широкой бензиновой фракции. Получаемый катализат отличается повышенной концентрацией ароматических углеводородов, что не позволяет его использовать в качестве товарного высокооктанового бензина.

Для обеспечения качества моторного топлива, соответствующего требованиям технического регламента, необходимо обеспечить снижение содержания бензола в бензинах, выпускаемых российскими нефтеперерабатывающими заводами (НПЗ). Решение данной проблемы усложняется из-за значительной доли в бензинах риформата, содержание которого в последнем колеблется в пределах 2...8 %.

Снижения концентрации бензола в товарном топливе можно добиться следующими способами:

- удалением предшественников бензола из сырья;
- удалением бензола фракционированием катализата (данный способ требует последующего разбавления остатка катализата высокооктановым компонентом с ОЧИМ = 88 примерно в 2 раза) [1].

Авторы работы [2] выделяют экологически привлекательные компоненты автомобильных бензинов – алкилат, оксигенаты и изомеризат.

Проблема производства алкилата связана с недостаточными сырьевыми ресурсами на нефтеперерабатывающем предприятии.

В настоящее время в России наиболее широко используется МТБЭ (метилтретбутиловый эфир). Недостатками МТБЭ являются несоответствие экологическим требованиям (биоразлагаемость, растворимость в воде), незначительные ресурсы (1 % от общего производства бензина). При этом изомеризация бензиновых фракций характеризуется большим (до 99 %) выходом изомеризата, простотой технологии, меньшей себестоимостью по сравнению с процессами алкилирования и производства высокооктановых кислородсодержащих соединений [3].

Виды изомеризации С5-С6

Изомеризация n-парафинов в скелетные изомеры – обратимый экзотермический процесс; увеличению выхода высокооктановых изомеров, особенно сильно разветвлённых, благоприятствуют низкие температуры. Промышленные процессы осуществляются вблизи термодинамического равновесия. По этой причине показатели изомеризации в решающей степени определяются активностью катализаторов.

Широко распространены катализаторы на основе цеолитов (HS-10 фирмы «ЮОП», IP-632 Французского института нефти, катализатор Hysopag фирмы Sud-Chemie, отечественный катализатор СИ-1 НПП «Нефтехим»), хлористого алюминия (катализаторы ЮОП I-8; I-80, I-82тм, I-84тм, I-120, I-120тм, 122тм, катализаторы фирмы «ФИН» IS-614, IS-614A; RD-291 фирмы «Энгельгард»)

и его аналоги НИП-РД, НИП-3А, созданные российской фирмой «Олкат»). В последние годы получили распространение катализаторы на основе сульфатированного диоксида циркония (катализатор LPI-100 фирмы «ЮОП») и отечественные аналоги ИПК-2С фирмы «Олкат» и СИ-2 предприятия «Нефтехим».

Каталитические системы на основе сульфатированного диоксида циркония по каталитической активности превосходят цеолитные катализаторы и не уступают хлорированному оксиду алюминия, но значительно более устойчивы к воздействию примесей и способны к регенерации. Следует отметить, что все перечисленные катализаторы применяются для процесса изомеризации пентан-гексановой фракции. Для изомеризации алканов C_{7+} описанные выше системы малоэффективны из-за низкой селективности [4].

Виды изомеризации C_7-C_8

Реакция изомеризации *n*-парафинов протекает в три стадии (см. рис. 1), различающиеся скоростями и последовательностью образования.

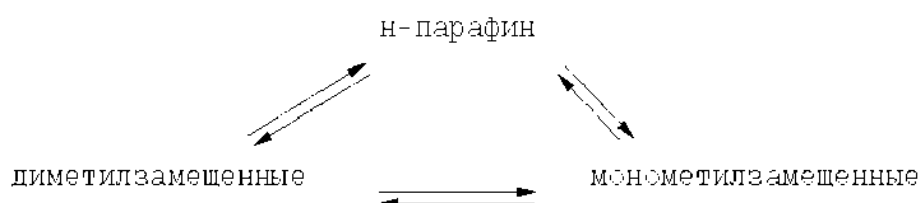


Рис. 1. Стадии изомеризации

Наиболее быстро образуются низкооктановые монометилзамещённые изомеры. Далее равновесная смесь метилзамещённых изомеров образует диметилзамещённые изомеры, причём константа скорости этой стадии на порядок ниже, чем первой. Кроме того, с увеличением молекулярной массы *n*-парафина наблюдается опережающий рост скорости крекинга. Поэтому основным направлением изомеризации углеводородов C_7-C_8 является разработка катализаторов и условий проведения процесса изомеризации для повышения скорости образования диметилзамещённых изомеров и снижения крекинга *n*-парафинов.

Известен способ изомеризации углеводородов (ЕР №1491613, 7 С10G 35/085, С10G 45/62, 2004 год), содержащих, по меньшей мере, 50 мас. % углеводородов C_7-C_8 , путём контактирования с катализатором, представляющим собой 0,1...2,0 мас. % платины, нанесённой на смесь оксидов циркония, вольфрама и алюминия. Контактное осуществляют при температуре 190...250 °С и давлении 0,8...10 МПа. Недостатками данного способа являются низкая активность процесса по отношению к превращению углеводородов с образованием ди- и три-метилзамещённых (ДиТМЗ) изомеров, высокая степень крекирования и низкое октановое число изомеризата. Например, при изомеризации за проход гидроочищенной прямогонной бензиновой фракции, в состав которой входит 85 мас. % углеводородов C_7-C_8 , на катализаторе, содержащем в пересчёте на металл 13 мас. % алюминия, 38 мас. % циркония, 12,5 мас. % вольфрама и 0,5 мас. % платины, при температуре 220 °С, давлении 3,0 МПа, мольном отношении «водород : сырьё», равном 2,0, и объёмной скорости подачи сырья 1,5 ч⁻¹, активность в образовании ДиТМЗ-изомеров составляет 8,9 %, а октановое число изомеризата по исследовательскому методу – 62 пункта.

Близким по технической сущности является улучшенный способ изомеризации фракции C_7 с раскрытием нафтеновых циклов (заявка Франции № 2857371, 7 С10G 65/08, С10G 45/58, 2005 год), который включает выделение углеводородной фракции C_7-C_8 , содержащей до 10 мас. % углеводородов C_5-C_6 и до 10 мас. % углеводородов C_8 , которую подвергают гидрированию, разрыву нафтеновых колец и изомеризации при температуре 90 °С, давлении 3,0 МПа, мольном отношении «водород : сырьё», равном 0,2, и объёмной скорости подачи сырья 1 ч⁻¹ на катализаторе, содержащем платину на хлорированном оксиде алюминия.

Недостатками этого способа являются высокие капитальные и эксплуатационные затраты из-за проведения трёх процессов вместо одного – изомеризации. Способ недостаточно гибкий, так

как при низком содержании ароматических углеводородов в сырье процесс гидрирования не нужен. По данным примера, приведённого в этом патенте, разрыв нафтеновых колец протекает всего лишь на 45 %, что тоже не оправдывает строительство и эксплуатацию дополнительной установки. Низкое октановое число продукта получают при изомеризации смеси алкановых углеводородов C_7 - C_8 и продукта двух установок: гидрирования и разрыва нафтеновых колец.

В примере, приведённом в этом патенте, при изомеризации смеси потока алкановых углеводородов C_7 - C_8 и потока, выходящего с установки разрыва нафтеновых колец, на 0,5 мас. % платины, нанесённой на хлорированный оксид алюминия, при температуре 90 °С, давлении 3,0 МПа, мольном отношении «водород : сырьё», равном 0,2, и объёмной скорости подачи сырья 1 ч⁻¹ октановое число по исследовательскому методу составляет 50,2 пункта, а активность в образовании ДиТМЗ изомеров – 7,8 %.

Одним из процессов изомеризации «тяжёлых» n-алканов, в частности, гептансодержащих бензиновых фракций, является российская разработка. В последние 5 лет данным вопросом занималась отечественная компания ПАО НПП «Нефтехим», которая добилась видимых результатов: с её участием появился на рынке перспективный процесс переработки гептансодержащих бензиновых фракций «Изомалк-4» (см. прим. 1); основные параметры процесса представлены в табл. 2.

Основой разработки является катализатор изомеризации СИ-4, обладающий уникально высокой селективностью в изомеризации C_7 -парафиновых углеводородов. Катализатор, содержащий гидрирующе-дегидрирующий компонент на оксидном носителе, представляющем собой композицию оксидов металлов $aAl_2O_3 \cdot bZrO_2 \cdot cWO_3 \cdot dTiO_2 \cdot eMnO_2$, где массовые доли оксидов равны: $a=4 \dots 30$ %; $b=60 \dots 90$ %; $c=5 \dots 15$ %; $d=0,1 \dots 10$ %; $e=0,1 \dots 1$ %. Катализатор в качестве гидрирующе-дегидрирующего компонента содержит 0,2...0,7 мас. % платины, либо палладия, либо иридия, либо смеси этих металлов.

Таблица 2

Основные параметры процесса «Изомалк-4»

Параметр	Значение
Температура, °С	160...250
Давление, МПа	2,5...3,0
Объёмная скорость, ч ⁻¹	1,0...5,0
Мольное соотношение «H ₂ : сырьё»	0,5...4,0
Октановое число изомеризата, ИМ	83...85
Содержание ароматических углеводородов, % мас.	0
Выход изомеризата, % мас.	92...95
Межрегенерационный период, лет	2...3
Срок службы катализатора, лет	8...10

Расчёт установки

На основе этой технологии был произведён анализ возможности реконструкции установки каталитической изомеризации на базе имеющейся установки Комсомольского НПЗ.

На рис. 2 представлена имеющаяся схема переработки фракции н.к.–160 °С на Комсомольском НПЗ. В процесс изомеризации вовлечена лёгкая бензиновая фракция н.к.–75 °С, а узкая фракция 75–100 °С выводится на участок приготовления бензинов комсомольского предприятия как прямоугольный низкооктановый компонент товарного бензина. Это связано с невозможностью её переработки ни в катализат установок риформинга из-за образования больших количеств бензола и толуола, ни в изомеризат установки изомеризации из-за низкой селективности эксплуатируемого катализатора IS-614А в отношении данной фракции.

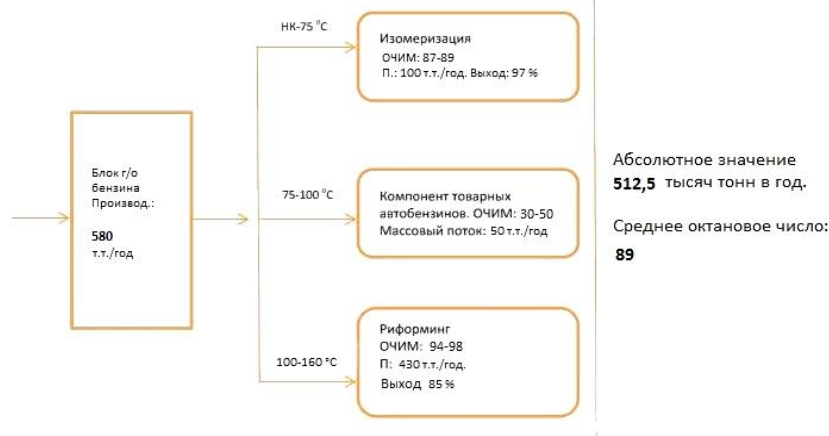


Рис. 2. Схема переработки фракции н.к.–160 °С на Комсомольском НПЗ

Составим материальный баланс процесса фракционирования гидроочищенной бензиновой фракции н.к.–160 °С (см. табл. 3), используемого в настоящий момент на Комсомольском НПЗ (см. рис. 2).

Таблица 3

Материальный баланс процесса разделения фракции н.к.–160 °С

Фракция	Расход			
	% (мас.)	т/Г	т/ч	кг/с
Вход				
н.к.–160 °С	100,0	580 000	72,5	20,14
Итого	100,0	580 000	72,5	20,14
Выход				
н.к.–75 °С	17,2	100 000	12,5	3,47
75–100 °С	8,6	50 000	6,25	1,74
100–160 °С	74,2	430 000	53,75	14,93
Итого	100,0	580 000,0	72,5	20,14

Для работы установки изомеризации «Изомалк-4» необходимо сырьё – фракция 75–100 °С.

Дальнейшие расчёты проведём с использованием системы автоматизированного проектирования ChemCAD.

В первую очередь смоделируем работу блока разделения бензиновой фракции н.к.–160 °С. В данном случае состав сырья лучше представить в виде набора углеводородов, а не узких фракций, так как для расчёта установки изомеризации потребуется знание углеводородного состава фракции 75–100 °С.

При ориентации на источник [5], ИТК фракции н.к.–160 °С и базу данных САПР ChemCAD был представлен состав фракции н.к.–160 °С в виде модельного набора индивидуальных углеводородов для упрощения моделирования.

В составе модельной смеси присутствовали углеводороды C₁–C₄, н-пентан, н-гексан, углеводороды C₇, нормальные углеводороды C₈–C₁₁. На рис. 3 приведён массовый расход основных технологических потоков схемы разделения фракции н.к.–160 °С и углеводородный состав модельной смеси.

На рис. 4 представлена принципиальная схема разделения бензиновой фракции н.к.–160 °С с указанием параметров технологических потоков (температура, давление, массовый рас-

ход). Параметры разделения подобраны с учётом режима работы существующего колонного и теплообменного оборудования (колонна К-1 и теплообменник Т-2 установки каталитического риформинга, колонна К-320 и теплообменник Т-320 установки изомеризации).

В данной схеме приняты следующие обозначения: цифры в круглом обрамлении приписаны к аппаратам, в квадратном – к материальным потокам. Условно изображены: 1 – фракционирующая колонна К-1 установки риформинга; 2 – фракционирующая колонна К-320 блока изомеризации; 3 – теплообменник Т-2 установки риформинга; 4 – теплообменник Т-320 установки изомеризации; 5 – холодильник Х-2 установки риформинга.

По потокам приняты следующие обозначения: 1, 6 – сырьё с блока гидроочистки (фракция н.к.–160 °С); 2, 7 – сырьё установки риформинга (фракция 100–160 °С); 3, 5, 8 – сырьё, идущее в колонну фракционирования К-320 блока изомеризации (фракция н.к.–100 °С); 4 – сырьё блока изомеризации (фракция н.к.–75 °С); 9, 10 – сырьё установки «Изомалк-4» (фракция 75–100 °С).

Stream No.	1	2	4	10
Name				
Flowrates in kg/h				
Methane	1.4500	0.0000	1.4500	0.0000
Ethane	2.9000	0.0000	2.9000	0.0000
Propane	109.4750	0.0000	109.4750	0.0000
N-Butane	1041.1000	0.0000	1041.1000	0.0000
N-Pentane	4293.4500	0.0000	4293.4500	0.0000
N-Hexane	7021.6250	0.0020	6687.5195	334.1035
Methylcyclopenta	852.6000	0.0001	161.9947	690.6052
2-2-Dimethylpent	10.1500	0.0001	0.0004	10.1495
Benzene	81.9250	0.0000	71.8614	10.0636
2-4-Dimethylpent	42.0500	0.0006	0.0004	42.0490
2-2-3-Trimethylb	3.6250	0.0001	0.0000	3.6249
Cyclohexane	544.4750	0.0140	0.0087	544.4523
3-3-Dimethylpent	7.2500	0.0009	0.0001	7.2490
2-3-Dimethylpent	135.5750	0.0457	0.0000	135.5293
2-Methylhexane	320.4500	0.0856	0.0000	320.3644
3-Methylhexane	944.6750	0.4767	0.0000	944.1983
3-Ethylpentane	42.7750	0.0415	0.0000	42.7335
N-Heptane	1493.5000	5.3234	0.0000	1488.1766
Methylcyclohexan	1755.9500	35.1189	0.0000	1720.8311
N-Octane	22215.4500	21771.1400	0.0000	444.3100
N-Nonane	23083.2750	23083.2345	0.0000	0.0405
N-Decane	8220.0500	8220.0500	0.0000	0.0000
N-Undecane	276.2250	276.2250	0.0000	0.0000

Рис. 3. Массовый расход индивидуальных углеводородов по технологическим потокам

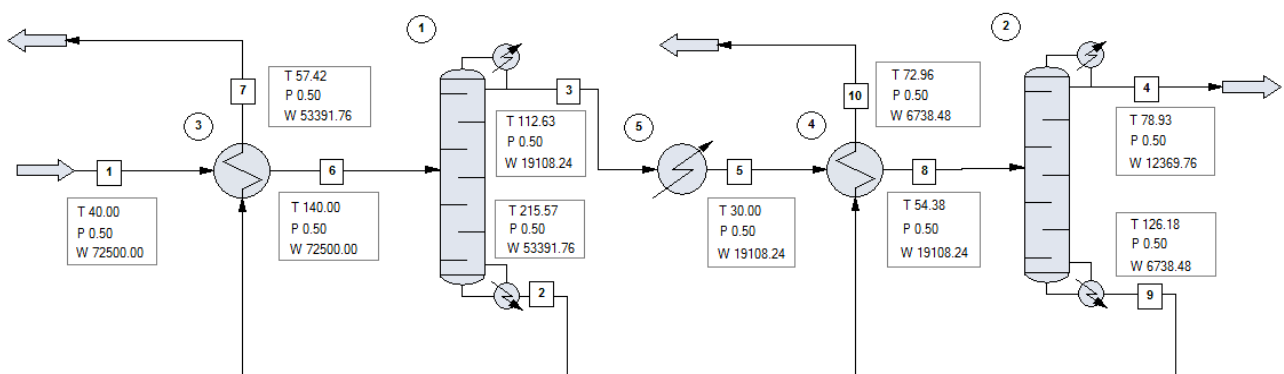


Рис. 4. Принципиальная схема разделения фракции н.к.–160 °С

После произведённого моделирования получен новый материальный баланс блока разделения фракции н.к.–160 °С, найденный с учётом принятого модельного состава сырья. Он представлен в табл. 4.

Уточнённый материальный баланс разделения фракции н.к.–160 °С
в соответствии с моделированием

Фракция	Расход			
	% (мас.)	т/Г	т/ч	кг/с
Вход				
н.к.–160 °С	100,0	580 000	72,5	20,14
Итого	100,0	580 000	72,5	20,14
Выход				
н.к.–75 °С	17,06	98 958	12,37	3,44
75–100 °С	9,29	53 908	6,74	1,87
100–160 °С	73,64	427 134	53,39	14,83
Итого	100,0	580 000,0	72,5	20,14

Для анализа возможности реконструкции было произведено моделирование с использованием системы автоматизированного проектирования ChemCAD. Для работы установки изомеризации «Изомалк-4» было принято сырьё – фракция 75–100 °С. На схеме, моделирующей работу установки изомеризации «Изомалк-4» (см. рис. 5), приняты следующие обозначения: цифры в круглом обрамлении приписаны к аппаратам, в квадратном – к материальным потокам.

На рис. 5 условно изображены: 1 – узел смешения; 2 – реактор процесса изомеризации; 3 – сепаратор высокого давления для отделения ВСГ; 4 – стабилизационная колонна; 5 – теплообменник; 6 – колонна деизогептанизации; 7, 8 – теплообменник (холодильник); 9 – печь; 10 – клапан понижения давления.

По потокам приняты следующие обозначения: 1 – сырьё (фракция 75–100 °С); 2 – свежий ВСГ; 3, 15 – газо-сырьевая смесь; 4, 13, 14 – газо-продуктовая смесь; 5 – отработанный ВСГ; 6, 9 – нестабильный изомеризат; 7 – газы стабилизации; 8, 10, 16 – стабильный изомеризат; 11 – готовый изомеризат; 12 – рецикл низкооктановых гептанов.

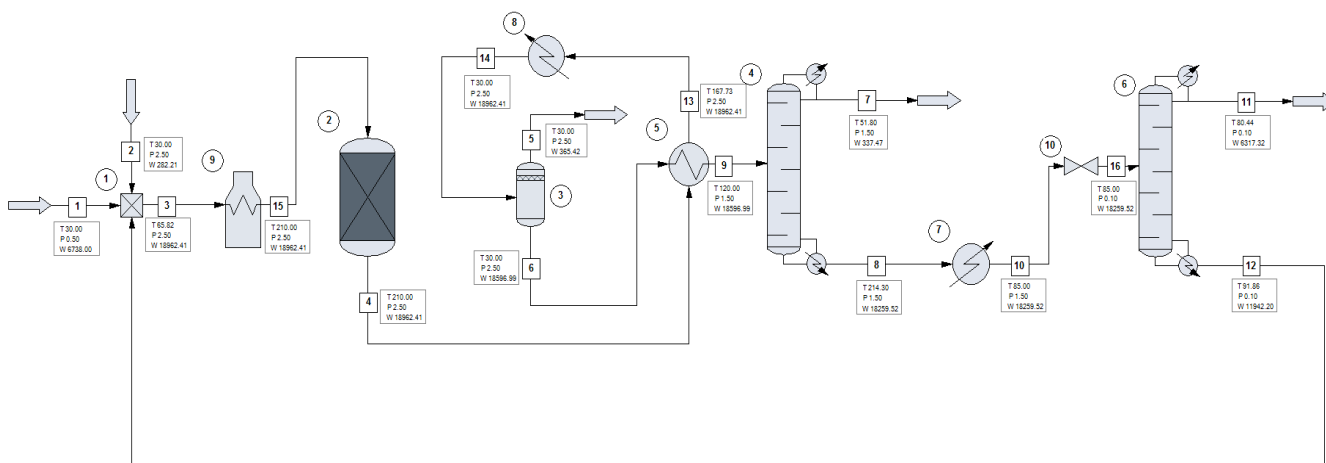


Рис. 5. Модель процесса изомеризации «Изомалк-4»

Для моделирования процесса изомеризации ChemCAD было необходимо использовать кинетический реактор, что потребовало наличия следующих данных:

- основные реакции, протекающие в реакторе [7];
- предэкспоненциальный множитель и энергия активации для каждой реакции [8].

Состав сырья процесса изомеризации по технологии «Изомалк-4» представлен в табл. 5. С учётом того, что некоторые углеводороды сырья полностью переходят в рецикл после разделения изомеризата и, как следствие, происходит накопление их в системе, было необходимо принять допущение и исключить их для упрощения расчёта.

Таблица 5

Состав сырья процесса «Изомалк-4»

Углеводород	Массовый расход, кг/ч	
	согласно смоделированному процессу разделения	с учётом принятых допущений
1	2	3
Н-гексан	334,1035	334,1035
Метилциклопентан	690,6052	690,6052
2,2-диметилпентан	10,1495	10,1495
Бензол	10,1495	10,1495
2,4-диметилпентан	42,0490	42,0490
2,2,3-триметилбутан	3,6249	3,6249
Циклогексан	544,4523	544,4523
3,3-диметилпентан	7,2490	7,2490
2,3-диметилпентан	135,5293	135,5293
2-метилгексан	320,3644	320,3644
3-метилгексан	944,1983	944,1983
3-этилпентан	42,7335	0
Н-гептан	1488,1766	3696,0917
Метилциклогексан	1720,8311	0
Н-октан	444,3100	0
Н-нонан	0,0405	0
Итого	6738,4807	6738,4807

Для моделирования ректификационных колонн был выбран тип приближённого расчёта ректификации (SHOR). Для всех моделируемых ректификационных колонн был выбран парциальный тип конденсатора, так как в данном случае подразумевается частичная конденсация потока, отбираемого по верху колонны.

Так как моделирование процесса осуществляется с использованием сырья, представляющего собой набор определённых углеводородов, то в качестве определяющего параметра при моделировании процессов разделения выступает степень разделения.

В типе приближённого расчёта ректификации задаём, что наиболее легкокипящий компонент, поступающий в ректификационную колонну, полностью испаряется и выходит с верха колонны, а наиболее тяжёлый компонент, поступающий на разделение, полностью конденсируется в колонне и выходит с низа колонны. Степень разделения всех остальных углеводородов рассчитываются программой автоматически в соответствии с заданными начальными параметрами [6].

Примем, что по потоку 2 поступает чистый водород, тогда при мольном соотношении «водород: сырьё = 2:1» количество поступающего водорода будет равно 282,21 кг/ч.

На рис. 6 представлен материальный баланс основных потоков установки «Изомалк-4», таких как поток 1 – состав сырья; поток 11 – состав готового изомеризата; поток 12 – состав рециркулята.

Stream No.	1	11	12
Name			
-- Overall --			
Actual dens kg/m ³	688.0360	641.4488	627.0706
Flowrates in kg/h			
Hydrogen	0.0000	0.0000	0.0000
Propane	0.0000	0.0003	0.0000
N-Butane	0.0000	0.1066	0.0000
N-Hexane	334.0000	315.8053	0.0000
Methylcyclopenta	691.0000	682.1674	0.0000
2-2-Dimethylpent	10.0000	280.9274	0.0000
Benzene	10.0000	9.9175	0.0000
2-4-Dimethylpent	42.0000	1421.6400	0.0000
2-2-3-Trimethylb	4.0000	103.7713	0.0000
Cyclohexane	544.0000	540.7105	0.0000
3-3-Dimethylpent	7.0000	1253.4421	0.0000
2-3-Dimethylpent	136.0000	1631.1314	181.2329
2-Methylhexane	320.0000	63.9884	575.8953
3-Methylhexane	944.0000	0.0000	10773.5692
N-Heptane	3696.0000	0.0000	411.4979

Рис. 6. Материальный баланс установки «Изомалк-4»

Расчёт октанового числа смешения

Октановое число компонента в смеси может отличаться от этого показателя в чистом виде. Каждый компонент имеет свою смесительную характеристику, или, как её ещё принято называть, октановое число смешения. В связи с этим расчёт октанового числа осуществим с использованием методики, отражённой в источнике [9].

Результаты расчётов изображены на рис. 7.

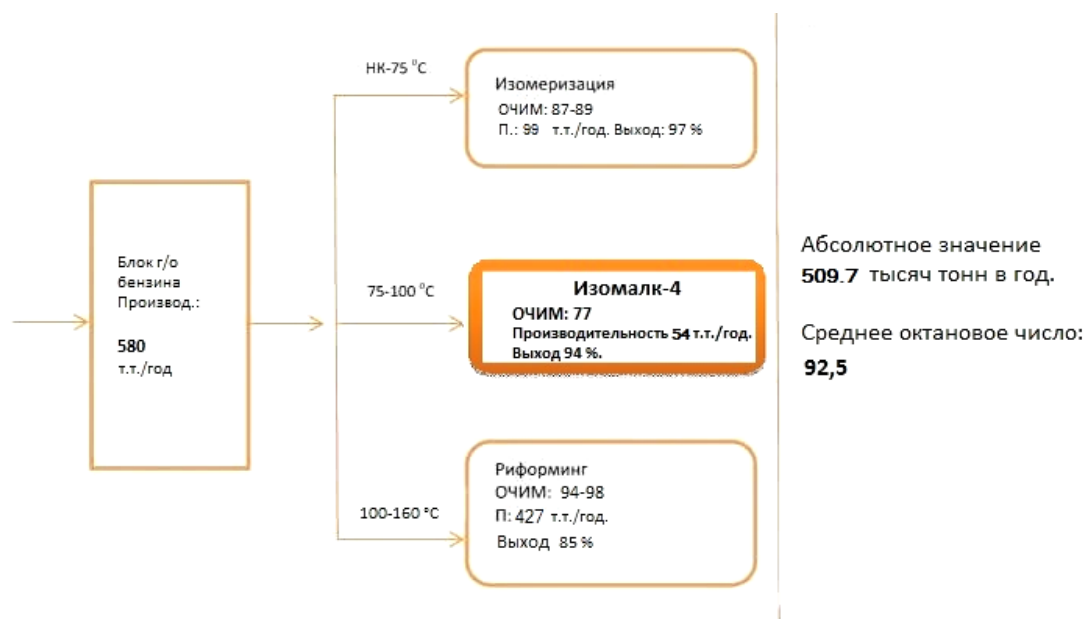


Рис. 7. Предложенная схема переработки фракции н.к.–160 °С на Комсомольском НПЗ

Выводы

В связи с ужесточающимися требованиями к качеству моторных топлив, ростом конкуренции со стороны альтернативных видов топлива, сокращением запасов нефтегазового сырья перед нефтеперерабатывающими компаниями встаёт необходимость интенсифицирования производства увеличением глубины переработки, модернизацией внедрённых процессов и внедрением современных высокоэффективных процессов, обеспечивающих заданное качество товарных нефтепродуктов.

Одним из таких процессов является изомеризация «тяжёлых» *n*-алканов, в частности, гептансодержащих бензиновых фракций. В настоящее время, к сожалению, нет промышленно внедрённых установок подобного типа.

Но теоретические исследования в данной области шагнули далеко вперёд. Подробно изучен механизм изомеризации *n*-гептана, разработаны лабораторные композиции катализаторов, позволяющих осуществить изомеризацию *n*-гептана, причём в смеси с другими углеводородами, с высокими выходами целевых полиразветвлённых изомеров гептана.

В последние годы решением этого вопроса занималась отечественная компания по разработке технологий и катализаторов нефтепереработки ПАО НПП «Нефтехим», добившаяся видимых результатов: с её участием появилась на рынке перспективная технология переработки гептансодержащих бензиновых фракций «Изомалк-4». Главной целью стал процесс моделирования работы установки изомеризации по технологии «Изомалк-4», которая была успешно достигнута, что подтверждают следующие достижения:

1. В среде САПР ChemCAD смоделированы блок подготовки сырья и установка изомеризации гептансодержащего сырья с использованием данных действующего предприятия ООО «РН-Комсомольский НПЗ».

2. Используемые в проекте современные литературные данные (кинетические параметры и механизм изомеризации *n*-гептана) подтверждаются результатами моделирования в среде ChemCAD, при этом обеспечиваются высокая степень конверсии *n*-гептана и большой выход целевых изомеров гептана (ди- и тризамещённых).

3. Расчёт октанового числа подтверждает правильность использованных входных данных и методов моделирования – прирост октанового числа составил около 40 пунктов.

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что внедрение технологии «Изомалк-4» на предприятия нефтеперерабатывающего комплекса позволит значительно увеличить фонд высокооктановых топлив предприятий и степень использования сырья (глубину переработки). Появление в материальном балансе предприятия дополнительного количества высокооктановой добавки в виде продукта изомеризации фракции 75–100 °С позволит решить проблемы, связанные с применением октаноповышающих присадок, со снижением концентрации ароматических углеводородов, в частности, бензола, в товарных топливах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов, Н. В. Получение экологически чистых бензинов, соответствующих евростандартам / Н. В. Гаврилов, О. В. Дуров // Химия и технология топлив и масел. – 2008. – № 6. – С 9-12.
2. Мириманян, А. А. Промышленный опыт работы установок изомеризации пентан-гексановой фракции / А. А. Мириманян, А. Г. Вихман, А. А. Мкртычев // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – № 4. – С 22-31.
3. Получение экологически чистых компонентов бензинов / М. В. Вишнецкая, Р. А. Газаров, Е. Н. Козлова, И. В. Воронцова // Химия и технология топлив и масел. – 2005. – № 6. – С 45-47.
4. Кузнецова, Л. И. Каталитические свойства диоксида циркония, модифицированного вольфрамат-анионами в реакции изомеризации *n*-гептана / Л. И. Кузнецова, А. В. Казбанова, П. Н. Кузнецов // Нефтехимия. – 2012. – Т. 52. – № 2. – С. 104-108.
5. Интенсификация работы установки низкотемпературной изомеризации лёгкой бензиновой фракции ООО «РН-Комсомольский НПЗ» / В. В. Ежов, В. В. Мелехин, К. Г. Камалов, М. Г. Муращенко // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 9. – С. 76-79.



6. Зиятдинов, Н. Н. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCAD / Н. Н. Зиятдинов, Т. В. Лаптева, Д. А. Рыжов. – Казань: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 161 с.
7. Kints, V. Hydroisomerization of n-heptane using zeolite membrane separation technology / V. Kints [e.t.c.] // Delft University of Technology. – 2001. – №. 3 – P. 140-146.
8. Muneed, K. n-Heptane isomerization over Pt/WO₃-ZrO₂: A kinetic study / K. Muneed, S. Al-Khattaf // Applied Catalysis. – 2009. – Vol. 362. – №. 1. – P. 56-64.
9. Riazi, M. R. Characterization and properties of petroleum fractions / M. R. Riazi. – Philadelphia: ASTM, 2005. – P. 427.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. «ИЗОМАЛК-4» – технология изомеризации гептановой фракции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nefthim.ru/node/179>.