



(51) МПК

C07C 5/10 (2006.01)*C07C 5/27* (2006.01)*C07C 9/16* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004109919/04, 15.08.2002

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.08.2002(30) Конвенционный приоритет:
31.08.2001 GB 0121105.1

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2005

(45) Опубликовано: 10.04.2007 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 3878261 A, 15.04.1975. FR 2771419
A1, 28.05.1999. US 4472268 A, 18.09.1984. US
4472268 A, 18.09.1984. RU 2123992 C1,
27.12.1998.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
31.03.2004(86) Заявка РСТ:
GB 02/03752 (15.08.2002)(87) Публикация РСТ:
WO 03/020668 (13.03.2003)

Адрес для переписки:
101000, Москва, М.Златоустинский пер., 10,
кв.15, "ЕВРОМАРКПАТ", пат.пов.
И.А.Веселицкой, рег. № 11

(72) Автор(ы):

БУСВЕЛД Виллем Марко (GB),
ГРИНАФ Пол (GB)

(73) Патентообладатель(и):

БП ОЙЛ ИНТЕРНЭШНЛ ЛИМИТЕД (GB)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТРИПТАНА

(57) Реферат:

Использование: нефтехимия. Сущность:
проводят стадию подготовки углеводородного
исходного материала, включающего по меньшей
мере 1 об.% по меньшей мере одного циклического
углеводорода, содержащего кольцо C₅ и/или C₆,
стадию предварительной обработки
углеводородного исходного материала введением
этого углеводородного исходного материала в
контакт с катализатором в присутствии водорода в

условиях, приемлемых для селективного раскрытия
кольца циклического углеводорода и стадию
изомеризации предварительно обработанного
исходного материала введением предварительно
обработанного исходного материала в контакт с
катализатором изомеризации с получением потока
триптансодержащего продукта. Технический
результат: повышение селективности способа. 33
з.п. ф-лы.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

C07C 5/10 (2006.01)*C07C 5/27* (2006.01)*C07C 9/16* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2004109919/04, 15.08.2002**(24) Effective date for property rights: **15.08.2002**(30) Priority:
31.08.2001 GB 0121105.1(43) Application published: **20.10.2005**(45) Date of publication: **10.04.2007 Bull. 10**(85) Commencement of national phase: **31.03.2004**(86) PCT application:
GB 02/03752 (15.08.2002)(87) PCT publication:
WO 03/020668 (13.03.2003)Mail address:
**101000, Moskva, M.Zlatoustinskij per., 10,
kv.15, "EVROMARKPAT", pat.pov.
I.A.Veselitskoj, reg. № 11**(72) Inventor(s):
**BUSVELD Villem Marko (GB),
GRINAF Pol (GB)**(73) Proprietor(s):
BP OJL INTERNEhShNL LIMITED (GB)**(54) TRIPTANE PRODUCTION PROCESS**

(57) Abstract:

FIELD: petrochemical processes.

SUBSTANCE: hydrocarbon feedstock containing at least 1 vol % of at least one 5- or 6-membered cyclic hydrocarbon is subjected to preliminary processing, which consists in that feedstock is brought into contact with catalyst in presence of hydrogen under conditions favorable for selective

opening of the cycle of cyclic hydrocarbon followed by isomerization stage wherein preliminarily processed feedstock comes into contact with isomerization catalyst to produce triptane-containing product stream.

EFFECT: increased selectivity of process.

34 cl

RU 2 2 9 6 7 3 5 C 2

RU 2 2 9 6 7 3 5 C 2

Настоящее изобретение относится к усовершенствованному способу получения триптана.

Триптан или 2,2,3-триметилбутан представляет собой углеводород, который может быть использован при приготовлении неэтилированного автомобильного и авиационного бензина (см. WO 98/22556 и WO 99/49003). Благодаря своей высокоразветвленной структуре он особенно эффективен при повышении октанового числа топлив, определенного по моторному методу (ОЧМ).

Известны различные методы получения триптана. Так, например, триптан может быть получен реакцией углеводородного исходного материала, такого как бензино-лигроиновая фракция, с использованием катализатора изомеризации (US 3766286 и заявка GB 0024888.0, опубликованная как WO 02/31089).

Исходные бензино-лигроиновые фракции как правило включают нециклические парафины, а также циклические углеводороды, такие как нафтены и ароматические соединения. В реакционных условиях нециклические парафины в исходной бензино-лигроиновой фракции легко изомеризуются в высокоразветвленные углеводороды, такие как триптан.

Было установлено, что циклические соединения более склонны к побочным реакциям, вследствие чего меньше вероятность их превращения в целевой триптановый продукт.

В соответствии с настоящим изобретением предлагается способ получения триптана, причем этот способ включает следующие стадии:

подготовка углеводородного исходного материала, включающего по меньшей мере 1 об.% по меньшей мере одного циклического углеводорода, содержащего кольцо C₅ и/или C₆; предварительная обработка углеводородного исходного материала введением этого углеводородного исходного материала в контакт с катализатором в присутствии водорода в условиях, приемлемых для селективного раскрытия кольца циклического углеводорода;

изомеризация предварительно обработанного исходного материала введением предварительно обработанного исходного материала в контакт с катализатором изомеризации с получением потока триптансодержащего продукта.

Углеводородным исходным материалом может служить поток углеводородов, кипящих в интервале от 50 до 110°C. В предпочтительном варианте углеводородный поток характеризуется пределами кипения от 60 до 105°C, более предпочтительно от 75 до 100°C. Углеводородным потоком может служить поток алкилатов или предпочтительно поток бензино-лигроиновой фракции. В более предпочтительном варианте поток бензино-лигроиновой фракции представляет собой поток бензино-лигроиновой фракции, включающий по меньшей мере 30 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 50 мас.%, например от 60 до 90 мас.%, C₇ углеводородов.

Углеводородный исходный материал включает по меньшей мере 1 об.% по меньшей мере одного циклического углеводорода, содержащего кольцо C₅ и/или C₆. В предпочтительном варианте углеводородный исходный материал включает от 2 до 60 об.%, более предпочтительно от 5 до 40 об.%, а еще более предпочтительно от 10 до 30 об.%, по меньшей мере, одного циклического углеводорода, содержащего кольцо C₅ и/или C₆. Циклические углеводороды, которые могут содержаться, включают нафтены и ароматические соединения.

Такие соединения могут быть замещенными, например, алкильными заместителями, содержащими от 1 до 6 углеродных атомов, предпочтительно от 1 до 4 углеродных атомов, более предпочтительно содержащими по 3 или меньше углеродных атомов, а наиболее предпочтительно содержащими меньше 3 углеродных атомов.

В случае присутствия нафтенов они могут быть насыщенными или ненасыщенными. Предпочтительные нафтены содержат от 6 до 20 углеродных атомов, более предпочтительно от 6 до 12 углеродных атомов, например от 6 до 8 углеродных атомов. Конкретные примеры включают циклопентан, метилциклопентан, диметилциклопентаны (например, 1,1-диметилциклопентан, 1,2-диметилциклопентан и 1,3-диметилциклопентан),

этилциклопентан, циклогексан, метилциклогексан, диметилциклогексан, этилциклогексан и н-пентилциклогексан.

В предпочтительном варианте содержание нафтенов в углеводородном исходном материале составляет от 0 до 60 мас.%, более предпочтительно от 25 до 50 мас.%, а наиболее предпочтительно от 30 до 40 мас.%. В наиболее предпочтительном варианте исходная бензино-лигроиновая фракция включает от 10 до 35 мас.%, предпочтительно от 15 до 25 мас.%, метилциклогексана. Исходная бензино-лигроиновая фракция может также включать циклогексан (например, от 1 до 5 мас.%), 1,1-диметилциклопентан (например, от 1 до 5 мас.%) и/или 1,3-диметилциклопентан (например, от 2 до 10 мас.%).

При наличии ароматических соединений они могут содержать от 6 до 20 углеродных атомов, предпочтительно от 7 до 12 углеродных атомов. Конкретные примеры включают бензол, толуол, диметилбензол, этилбензол и н-бутилбензол. В предпочтительном варианте содержание ароматических соединений в углеводородном исходном материале составляет от 0 до 10 мас.%, более предпочтительно от 1 до 5 мас.%. В наиболее предпочтительном варианте исходная бензино-лигроиновая фракция включает от 0 до 5 мас.%, предпочтительно от 0 до 2 мас.%, бензола и/или толуола.

В предпочтительном варианте исходный материал включает как нафтены, так и ароматические соединения.

Оставшаяся часть углеводородного исходного материала может приходиться на долю нециклических парафинов. Такие парафины могут составлять от 1 до 99 об.% всего углеводородного исходного материала. В предпочтительном варианте такие парафины составляют по меньшей мере 30 об.%, например от 50 до 80 об.%, более предпочтительно от 60 до 80 об.%, углеводородного исходного материала. Нециклические парафины могут содержать от 4 до 20 углеродных атомов, предпочтительно от 6 до 10 углеродных атомов, а более предпочтительно от 6 до 8 углеродных атомов. Примеры ациклических алканов, которые могут содержаться в исходном материале, включают изопентан, 3-метилпентан, н-гексан, 2,2-диметилпентан, 2,4-диметилпентан, 3,3-диметилпентан, 2,3-диметилпентан, 2-метилгексан, 3-метилгексан, 3-этилпентан, н-гептан, диметилгексан и метилгептан.

В предпочтительном варианте углеводородный исходный материал представляет собой поток бензино-лигроиновой фракции, включающий в качестве основного компонента C₇углеводороды и небольшое количество C₅-, C₆- и/или C₈углеводородов. Примеры C₅углеводородов, которые могут содержаться, включают изопентан. Примеры C₆углеводородов, которые могут содержаться, включают 3-метилпентан, н-гексан, циклогексан и бензол. Примеры C₇углеводородов, которые могут содержаться, включают 2,2-диметилпентан, 2,4-диметилпентан, 3,3-диметилпентан, 1,1-диметилциклопентан, 1,3-диметилциклопентан, 2,3-диметилпентан, 2-метилгексан, 3-метилгексан, 3-этилпентан, н-гептан, метилциклогексан и толуол. Примеры C₈углеводородов, которые могут содержаться, включают диметилгексан и метилгептан. Углеводородный исходный материал может включать:

- от 25 до 40 об.% н-гептана;
- от 10 до 28 об.% C₇углеводородов с одной боковой группой;
- от 5 до 15 об.% C₇углеводородов с двумя боковыми группами;
- от 20 до 40 об.% нафтенов и от
- О до 5 об.% ароматических соединений.

На стадии предварительной обработки углеводородный исходный материал в присутствии водорода вводят в контакт с катализатором. В таких реакционных условиях селективно раскрывается по меньшей мере некоторое количество кольцевых C₅- и/или C₆структур, содержащихся в углеводородном исходном материале, с образованием линейных или разветвленных алифатических структур. Так, например, в предпочтительном варианте весь метилциклогексан, входящий в состав углеводородного исходного материала, превращается в 2,4-диметилпентан.

Результатом таких реакций раскрытия кольца является уменьшение числа кольцевых структур в углеводородном исходном материале и одновременно с этим в

предпочтительном варианте устраняется заметное деалкилирование всех боковых заместителей на кольце. Таким образом, в предпочтительных вариантах выполнения изобретения практически отсутствует фрагментация циклического соединения. В предпочтительном варианте селективность в отношении реакции образования кольца составляет по меньшей мере 10%, предпочтительнее по меньшей мере 50%, например от 80 до 99%.

В дополнение к описанной выше реакции раскрытия кольца в предпочтительном варианте происходит присоединение водородного атома по ненасыщенным связям. Этот процесс может также сопровождаться реакциями перегруппировки. Так, например, в предпочтительном варианте весь бензол, содержащийся в исходном материале, в таких реакционных условиях подвергают гидрированию с получением циклогексана. В дальнейшем возможно раскрытие кольца этого циклического соединения с получением, например, 2-метилпентана.

Приемлемые катализаторы раскрытия кольца содержат как металлическую функциональную группу, так и кислотную группу. Наличие металлической функциональной группы может быть обеспечено применением эффективного количества металла группы VIII. Приемлемые металлы группы VIII включают Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd и их смеси. Из них предпочтительны Rh, Ir и Ru. Особенно предпочтителен Ir. Количество используемого металла может находиться в интервале от 0,01 до 10 мас.%, предпочтительно от 0,02 до 5 мас.%, более предпочтительно от 0,05 до 3 мас.%, а наиболее предпочтительно от 0,1 до 1 мас.%.

Наличие кислотной группы может быть обеспечено цеолитным материалом. Такие цеолитные материалы можно использовать в качестве подложки для описанных выше металлов. В предпочтительном варианте используют цеолитный материал фюзитного типа, у которого значение соотношения Si/M составляет по меньшей мере 30 и у которого M обозначает по меньшей мере один элемент, выбранный из Al, Ga, B, Zn, Re и Cr. В предпочтительном варианте M обозначает Al, а значение соотношения Si/Al в цеолитном материале равно по меньшей мере 60. Примеры предпочтительных цеолитных материалов описаны в US 4714601 (материалы ECR-4), US 4879103 (материалы ECR-30), US 4931267 (материалы ECR-32), US 5116590 (материалы ECR-35), US 3415736 (материалы ZSM-3) и US 3972983 (материалы ZSM-20). Могут также быть использованы аналоги таких цеолитов, такие как материалы EMC-1 и EMC-2 (Delpratop et al., Zeolites, 10, ee. 546-552 (1990)). Другие примеры подходящих цеолитных материалов включают морденит, Y-цеолит, бета-цеолит, материалы MCM, глину, монтмориллонитные материалы и материалы ITQ-6. Материал ITQ-6 представляет собой оксид, который в своей кальцинированной форме обладает рентгенограммой, которая характеризуется цифровыми данными, представленными в приведенной ниже таблице. Материал ITQ-6 обладает удельной площадью поверхности микропор (как ее определяют по методу адсорбции/десорбции N²) по меньшей мере 400 м²/г и удельной внешней площадью поверхности (также определяемой по методу адсорбции/десорбции N²) по меньшей мере 350 м²/г. Материалы ITQ-6 подробно описаны в заявке PCT/GB 99/02567, которая включена в настоящее описание в качестве ссылки.

Таблица

d (в ангстремах)	I/I ₀ *100
9,50+/-0,19	f
7,10+/-0,14	f
6,62+/-0,13	m
5,68+/-0,11	d
3,97+/-0,08	f
3,73+/-0,07	f
3,53+/-0,07	mf
3,16+/-0,06	m

Использованные в этой таблице литеры имеют следующие значения:
f означает сильную, 40-60%-ную относительную интенсивность

mf означает очень сильную, 60-100%-ную относительную интенсивность

m означает среднюю, 20-40%-ную относительную интенсивность

d означает слабую, 0-20%-ную относительную интенсивность

В предпочтительном варианте стадию предварительной обработки осуществляют при
5 температуре от 150 до 400°C, более предпочтительно от 225 до 350°C. Рабочее
манометрическое давление может составлять от 0 до 208,6 бара (от 0 до 3000
фунтов/кв.дюйм), предпочтительно от 6,9 до 151,7 бара (от 100 до 2200
фунтов/кв.дюйм), а более предпочтительно от 6,9 до 103,4 бара (от 100 до 1500
10 фунтов/кв.дюйм). Углеводородный исходный материал можно пропускать над
катализатором при среднечасовой скорости подачи жидкости от 0,1 до 10,
предпочтительно от 0,5 до 5, СЧСЖ (ч⁻¹). В предпочтительном варианте расход
газообразного водорода во время обработки поддерживают на уровне от 60 до 2000 м³
водорода на м³ углеводородного реагента, предпочтительно от 100 до 600 м³ водорода на
15 м³ углеводородного реагента.

15 Реакции раскрытия кольца описаны в WO 97/09288, WO 97/09290 и US 5763731.

После предварительной обработки углеводородный исходный материал вводят в
контакт с катализатором изомеризации с получением потока триптансодержащего
продукта.

В предпочтительном варианте в качестве катализатора изомеризации используют
20 сверхкислоту. Приемлемые сверхкислоты включают кислоты Льюиса формулы MX_n, где М
обозначает элемент, выбранный из групп 13, 14, 15 и 16 Периодической таблицы, Х
обозначает атом галогена, а n обозначает целое число от 3 до 6. Предпочтительный
элемент М выбирают из групп 13 и 15 Периодической таблицы. Более предпочтительным
значением М является Sb. Х может обозначать F, Cl, Br или I, а в предпочтительном
25 варианте обозначает F или Cl. В предпочтительных вариантах выполнения изобретения
элемент М используют в состоянии его наивысшей валентности с выбранным атомом
галогена. Таким образом, в наиболее предпочтительном варианте выполнения
изобретения кислота Льюиса представляет собой SbF₅.

В предпочтительном варианте кислоту Льюиса используют в сочетании с кислотой
30 Бренстеда, например с НХ (где Х обозначает атом галогена), фторсерной кислотой,
трифторметансульфоновой кислотой и/или трифторуксусной кислотой. Предпочтительными
примерами приемлемых катализаторов изомеризации являются HSO₃F-SbF₅ и SbF₅-HF.
Молярное соотношение между кислотой Бренстеда и кислотой Льюиса может находиться в
интервале от примерно 20:1 до 1:5. В предпочтительном варианте молярное соотношение
35 составляет от 5:1 до 1:1. Количество используемого катализатора в пересчете на общее
количество используемого углеводорода может находиться в интервале от примерно 0,01
до 100 мас.част. катализатора на массовую часть углеводорода. Предпочтительное
используемое количество составляет от 1 до 10 мас.част. катализатора на массовую
часть углеводорода.

40 Катализатор можно использовать в виде неразбавленной жидкости, в виде
разбавленного раствора или адсорбированным на твердой подложке. Что касается
разбавленного катализатора, то можно использовать любой разбавитель, который в
реакционных условиях инертен. Для получения оптимальных результатов разбавители
можно предварительно обрабатывать для удаления каталитических ядов, таких как вода,
45 ненасыщенные соединения и т.п. Типичные разбавители включают
сульфурилхлоридофторид, сульфурилфторид, фторированные углеводороды и их смеси. В
качестве разбавителей можно использовать сами протонные кислоты, включая фторсерную
кислоту, серную кислоту, трифторметансульфоновую кислоту и т.п. Объемное соотношение
разбавитель/катализатор может находиться в интервале от примерно 50:1 до 1:1, а
50 предпочтительно от 10:1 до 2:1.

По другому варианту катализатор можно вводить вместе с подходящим твердым
носителем или подложкой. Можно использовать любую твердую подложку для
катализатора, которая в отношении катализатора в реакционных условиях практически

инертна. Подложка может быть предварительно обработана, в частности нагреванием, химической обработкой или нанесением покрытия, для удаления по существу всей воды и/или гидроксильных участков, которые возможно имеются. Активным подложкам можно придать инертность нанесением на них покрытия из инертного материала, такого как

5 трифторид сурьмы и трифторид алюминия. Приемлемые твердые подложки включают обработанные фторидами или снабженные покрытиями смолы, такие как сульфированные катионообменные смолы, обработанные фторидами кислые хальциды, такие как оксид алюминия и алюмосиликаты, и кислотостойкие молекулярные сита, такие как цеолит, например фюзит. Нанесенные на подложки катализаторы могут быть приготовлены по

10 любому подходящему методу, по такому как обычные методы, включающие сухое смешение, соосаждение и пропитку. В одном варианте нанесенный на подложку катализатор готовят пропиткой приемлемой дезактивированной подложки фторидом металла, таким как пентафторид сурьмы, а затем кислотой Бренстеда, такой как фторсерная кислота.

15 Когда используют нанесенный на подложку катализатор, массовое соотношение между кислотой Льюиса и подложкой может находиться в интервале от 1:100 до 1:10, а предпочтительно от 1:50 до 1:35. Массовое соотношение между кислотой Бренстеда и подложкой может находиться в интервале от 1:100 до 1:10, а предпочтительно от 1:50 до 1:35.

20 Реакцию изомеризации можно проводить при температуре от -50 до 100°C. В предпочтительном варианте реакционная температура составляет от -30 до 25°C, более предпочтительно от -25 до 10°C, предпочтительнее от -15 до 5°C, наиболее предпочтительно от -10 до 0°C.

25 Продолжительность контактирования может составлять от 0,01 до 150 ч, предпочтительно от 0,05 до 50 ч, более предпочтительно от 0,08 до 24 ч, тем не менее еще более предпочтительно от 0,1 до 15 ч, а наиболее предпочтительно от 4 до 6 ч.

Предпочтительная селективность в отношении триптана составляет по меньшей мере 7%, более предпочтительно по меньшей мере 9%. Так, например, селективность в отношении триптана может находиться в пределах 9 и 60% в пересчете на исходный

30 углеводородный материал.

Условия изомеризации углеводородных исходных материалов в общем описаны в заявке GB 0024888.0 (опубликована как WO 02/31089) и US 3766286.

Формула изобретения

35 1. Способ получения триптана, включающий стадии:

подготовки углеводородного исходного материала, включающего по меньшей мере 1 об.% по меньшей мере одного циклического углеводорода, содержащего кольцо C₅ и/или C₆;

40 предварительной обработки углеводородного исходного материала введением этого углеводородного исходного материала в контакт с катализатором в присутствии водорода в условиях, приемлемых для селективного раскрытия кольца циклического углеводорода; и изомеризации предварительно обработанного исходного материала введением предварительно обработанного исходного материала в контакт с катализатором изомеризации с получением потока триптансодержащего продукта.

45 2. Способ по п.1, в котором углеводородный исходный материал представляет собой поток углеводородов, кипящих в интервале от 50 до 110°C.

3. Способ по п.2, в котором поток углеводородов представляет собой поток алкилатов или поток бензинолигроиновой фракции.

50 4. Способ по п.3, в котором поток бензинолигроиновой фракции включает по меньшей мере 30 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 50 мас.%, например от 60 до 90 мас.%, C₇углеводородов.

5. Способ по п.1, в котором углеводородный исходный материал включает от 2 до 60 об.%, более предпочтительно от 5 до 40 об.%, а еще более предпочтительно от 10 до 30

об.% по меньшей мере одного циклического углеводорода, содержащего кольцо C₅ и/или C₆.

6. Способ по п.1, в котором по меньшей мере один циклический углеводород выбирают из нафтенов и ароматических соединений, необязательно замещенных, например, алкильными заместителями, содержащими от 1 до 6 углеродных атомов, предпочтительно от 1 до 4 углеродных атомов, более предпочтительно по 3 или меньше углеродных атомов, а наиболее предпочтительно меньше 3 углеродных атомов.

7. Способ по п.6, в котором нафтены независимо включают от 6 до 20 углеродных атомов, более предпочтительно от 6 до 12 углеродных атомов, например от 6 до 8 углеродных атомов, а ароматические соединения включают от 6 до 20 углеродных атомов, предпочтительно от 7 до 12 углеродных атомов.

8. Способ по п.7, в котором по меньшей мере один циклический углеводород выбирают из группы, включающей циклопентан, метилциклопентан, диметилциклопентаны (например, 1,1-диметилциклопентан, 1,2-диметилциклопентан и 1,3-диметилциклопентан), этилциклопентан, циклогексан, метилциклогексан, диметилциклогексан, этилциклогексан, н-пентилциклогексан, бензол, толуол, диметилбензол, этилбензол и н-бутилбензол.

9. Способ по п.5, в котором по меньшей мере один циклический углеводород выбирают из нафтенов и ароматических соединений, необязательно замещенных, например, алкильными заместителями, содержащими от 1 до 6 углеродных атомов, предпочтительно от 1 до 4 углеродных атомов, более предпочтительно по 3 или меньше углеродных атомов, а наиболее предпочтительно меньше 3 углеродных атомов.

10. Способ по п.9, в котором нафтены независимо включают от 6 до 20 углеродных атомов, более предпочтительно от 6 до 12 углеродных атомов, например от 6 до 8 углеродных атомов, а ароматические соединения включают от 6 до 20 углеродных атомов, предпочтительно от 7 до 12 углеродных атомов.

11. Способ по п.10, в котором по меньшей мере один циклический углеводород выбирают из группы, включающей циклопентан, метилциклопентан, диметилциклопентаны (например, 1,1-диметилциклопентан, 1,2-диметилциклопентан и 1,3-диметилциклопентан), этилциклопентан, циклогексан, метилциклогексан, диметилциклогексан, этилциклогексан, н-пентилциклогексан, бензол, толуол, диметилбензол, этилбензол и н-бутилбензол.

12. Способ по п.1, в котором углеводородный исходный материал включает:

от 25 до 40 об.% н-гептана;

от 10 до 28 об.% C₇углеводородов с одной боковой группой;

от 5 до 15 об.% C₇углеводородов с двумя боковыми группами;

от 20 до 40 об.% нафтенов и

от 0 до 5 об.% ароматических соединений.

13. Способ по п.1, в котором катализатор раскрытия кольца содержит как металлическую группу, так и кислотную группу.

14. Способ по п.5, в котором катализатор раскрытия кольца содержит как металлическую группу, так и кислотную группу.

15. Способ по п.6, в котором катализатор раскрытия кольца содержит как металлическую группу, так и кислотную группу.

16. Способ по п.12, в котором катализатор раскрытия кольца содержит как металлическую группу, так и кислотную группу.

17. Способ по п.13, в котором наличие металлической группы обеспечивают применением эффективного количества металла группы VIII, предпочтительно выбранного из ряда, включающего Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd и их смеси.

18. Способ по п.13, в котором наличие кислотной группы обеспечивается цеолитным материалом.

19. Способ по п.17, в котором наличие кислотной группы обеспечивается цеолитным материалом.

20. Способ по п.16, в котором наличие металлической группы обеспечивают применением эффективного количества металла группы VIII, предпочтительно выбранного

из ряда, включающего Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd и их смеси, а наличие кислотной группы обеспечивается цеолитным материалом.

21. Способ по п.1, в котором катализатором изомеризации служит сверхкислота.

22. Способ по п.13, в котором катализатором изомеризации служит сверхкислота.

5 23. Способ по п.16, в котором катализатором изомеризации служит сверхкислота.

24. Способ по п.19, в котором катализатором изомеризации служит сверхкислота.

25. Способ по п.20, в котором катализатором изомеризации служит сверхкислота.

26. Способ по п.21, в котором сверхкислота представляет собой кислоту Льюиса формулы MX_n , где M обозначает элемент, выбранный из групп 13, 14, 15 и 16

10 Периодической таблицы, X обозначает атом галогена, а n обозначает целое число от 3 до 6.

27. Способ по п.26, в котором кислоту Льюиса используют в сочетании с кислотой Бренстеда.

15 28. Способ по п.27, в котором кислота Бренстеда представляет собой HX (где X обозначает атом галогена), фторсерную кислоту, трифторметансульфоновую кислоту и/или трифторуксусную кислоту.

29. Способ по п.24, в котором сверхкислота представляет собой кислоту Льюиса формулы MX_n , где M обозначает элемент, выбранный из групп 13, 14, 15 и 16

20 Периодической таблицы, X обозначает атом галогена, а n обозначает целое число от 3 до 6.

30. Способ по п.29, в котором кислоту Льюиса используют в сочетании с кислотой Бренстеда.

25 31. Способ по п.30, в котором кислота Бренстеда представляет собой HX (где X обозначает атом галогена), фторсерную кислоту, трифторметансульфоновую кислоту и/или трифторуксусную кислоту.

32. Способ по п.25, в котором сверхкислота представляет собой кислоту Льюиса формулы MX_n , где M обозначает элемент, выбранный из групп 13, 14, 15 и 16

Периодической таблицы, X обозначает атом галогена, а n обозначает целое число от 3 до 6.

30 33. Способ по п.32, в котором кислоту Льюиса используют в сочетании с кислотой Бренстеда.

34. Способ по п.33, в котором кислота Бренстеда представляет собой HX (где X обозначает атом галогена), фторсерную кислоту, трифторметансульфоновую кислоту и/или трифторуксусную кислоту.

35

40

45

50