

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 665.766.4

ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА АЛКИЛИРОВАНИЯ ФЕНОЛА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА АЛКИЛАТА

канд. хим. наук, доц. С.В. ПОКРОВСКАЯ; Е.Я. КОРБУТ
(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрены основные направления модернизации проведения процесса алкилирования фенола на СООО «ЛЛК-Нафтан». Показаны теоретические основы процесса алкилирования фенола, а также перспективные направления совершенствования технологий производства алкилфенола. В рамках модернизации с целью улучшения качества целевого продукта предложена замена алкилирующего агента тетрамеров пропилена на альфа-олефины, рассмотрена перспектива замены макропористого сульфокатионитного катализатора на более эффективный цеолитсодержащий катализатор морденит, обладающий улучшенными физико-химическими и эксплуатационными характеристиками. Рассмотрена возможность ввода нового оборудования в эксплуатацию, а именно выпарного аппарата перед блоком разгонки алкилфенола, для улучшения качества разделенной продуктовой смеси.

Ключевые слова: нефтехимическая промышленность, производство фенольных присадок, алкилирование фенола, цеолитсодержащие катализаторы, сульфокатионные катализаторы.

Одна из актуальных задач, поставленных перед белорусскими и российскими производителями масел, – улучшение качества смазочных масел с целью обеспечения длительной и безотказной работы транспорта, технологического оборудования и современных энергетических установок.

Для обеспечения эффективной работы смазочные материалы должны обладать определенными свойствами, например, иметь соответствующую вязкость, высокую прочность пленки, малую коррозионность и низкую температуру застывания, обладать хорошими антифрикционными, моющими и диспергирующими свойствами, быть нетоксичными [1]. С целью улучшения химмотологических свойств в базовые масла вводят присадки (добавки) различного функционального действия. В связи с этим у производителей масел в центре внимания применение новых, а также совершенствование существующих технологий получения присадок к моторным маслам, что является наиболее прогрессивным и экономически выгодным способом получения высококачественных моторных масел отечественного производства. В связи с возросшими требованиями к качеству смазочных масел и прогрессом в области моторо- и машиностроения наиболее перспективный путь производства моторных масел – использование при их приготовлении пакетированных присадок различного функционального действия. Поэтому в последние годы ведущие зарубежные фирмы по производству масел и присадок для них поставляют на мировой рынок не отдельные присадки, а готовые пакеты присадок.

Специалистами производства СООО «ЛЛК-Нафтан» разрабатываются перспективные комплексные программы, направленные на совершенствование технологии производства присадок. Существующая технологическая схема производства позволяет вырабатывать широкий спектр присадок с разными функциональными свойствами, использование которых позволяет вырабатывать практически все основные группы моторных масел, применяемых в технике. Одним из основных направлений развития присадок собственного производства в СООО «ЛЛК-Нафтан» является применение в качестве сырья для алкилфенольных присадок додецилфенола, который, в свою очередь, целесообразнее всего получать, используя в качестве сырья фенол и альфа-олефины.

Алкилирование фенола, как и других ароматических соединений, протекает через стадию присоединения протонированного алкилкатаиона к sp^2 -гибридизированному атому углерода в ароматическом ядре с образованием карбкатиона (σ -комплекса), как показано на рисунке 1.

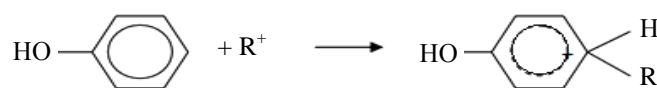


Рисунок 1. – Образование карбкатиона

Считают, что образование алкилфенола протекает далее, как и при традиционном алкилировании ароматических углеводородов, в ядро в результате быстрого отщепления протона от указанного ком-

плекса (рисунок 2). Однако для σ -комплексов вышеуказанного типа характерна высокая подвижность протона в гидроксильной группе. Поэтому они склонны к его отщеплению с образованием нейтрального алкилциклогексадиена, перегруппирующегося в алкилфенол (рисунок 3).

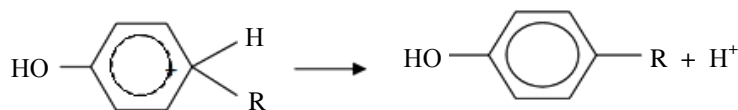


Рисунок 2. – Отщепление протона от σ -комплекса



Рисунок 3. – Образование нейтрального алкилциклогексадиена, перегруппирующегося в алкилфенол

Промежуточное образование алкилциклогексадиена считается отличительной чертой механизма алкилирования фенола и других реакций электрофильного замещения в фенолах.

Лимитирующей стадией реакции алкилирования фенола является, как правило, образование карбкатиона. Образование циклогексадиена идет синхронно с электрофильной атакой фенола алкилкатионом. Если синхронность нарушается, то образуются алкилфеноловые эфиры, которые под действием кислот легко перегруппировываются (изомеризируются) в алкилфенолы (рисунок 4).

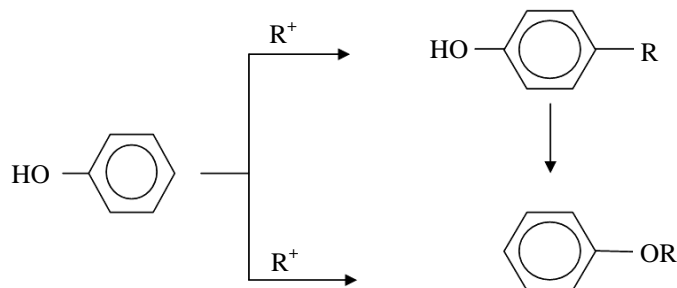


Рисунок 4. – Образование алкилфенола

Взаимодействие молекулы фенола с электрофильным карбкатионом олефина проходит через стадию образования промежуточного комплекса. Энергия активации реакции, проходящей через переходное состояние, подобное пара-бензохинону, меньше, чем орто-бензохинона, вследствие этого пара-замещение протекает быстрее, чем орто-замещение.

На соотношение скоростей этих реакций существенное влияние оказывает структура олефина.

Алкилирование протекает последовательно с образованием моно-, ди- и триалкилфенолов. Известно, что вследствие эффекта сопряжения, вызываемого гидроксильной группой, электронная плотность в ароматическом ядре фенола повышена в орто- и пара-положениях. Поэтому первичная атака ядра алкилкатионом должна быть направлена именно в эти положения. В больших количествах получают пара-замещенные алкилфенолы по сравнению с орто-замещенными изомерами. Поэтому с повышением активности катализатора, температуры и продолжительности реакции доля пара-изомера может возрасти от 60...80 до 95% и более за счет такой изомеризации.

При последовательном введении алкильных групп первая стадия протекает быстрее второй, а последняя, в свою очередь, быстрее третьей. На состав продуктов также влияет реакция переалкилирования между полиалкилфенолом и фенолом. С повышением активности катализатора, температуры и продолжительности реакции содержание моноалкилфенолов в получаемой смеси значительно возрастает. Поэтому для получения моноалкилфенолов соотношение исходных компонентов берут эквимолярное или с небольшим избытком фенола, а для получения диалкилфенола требуется избыток олефина.

Нежелательными, но неизбежными реакциями в процессе алкилирования являются: образование эфиров фенолов, выход которых в неблагоприятных условиях может достигать 50% на сырьё; полимеризация олефинов. Общим методом подавления этих реакций является понижение температуры, поскольку реакция алкилирования имеет самую низкую энергию активации (около 21 кДж/моль), и снижение концентрации олефина.

Таким образом, скорость и селективность процесса алкилирования фенола зависит от ряда факторов:

- типа и активности катализатора;
- структуры используемого олефина;
- соотношения исходных компонентов;
- технологических факторов, таких как температура, продолжительность реакции, наличие растворителя и др. [2].

Процесс производства алкилфенола и додецилфенола состоит из стадий приготовления реакционной смеси, алкилирования фенола тетрамерами пропилена на катионообменном катализаторе, фракционирования додецилфенола. Однако использование сульфокатионита вводит значительные ограничения в технологию ведения процесса алкилирования: максимальная температура в реакторе 120 °С вследствие отрыва кислотных активных сульфогрупп от дивинилстирольной матрицы; меньшая селективность реакции синтеза монододецилфенола, следовательно, снижается качество целевого продукта.

Анализ патентной литературы идентифицировал возможность усовершенствования процесса получения додецилфенола путём замены низкотемпературной катионной смолы на более термически устойчивые цеолиты типа морденит. Вследствие пористой структуры цеолита с определённым размером каналов возрастает селективность целевой реакции синтеза монододецилфенола. Монододецилфенолы при дальнейшей реакции с пентасернистым фосфором и последовательной нейтрализацией цинковыми белилами образуют присадку ВНИИ НП-353, от стерической ориентации которой зависит возможность дальнейшего синтеза присадок с более сложной структурой.

Важно отметить влияние фактора чёткости разделения продуктовой смеси из реактора, так как именно по содержанию примесей оценивают пригодность использования продукта для синтеза присадок. Патентный поиск литературы определил возможность установки выпарного аппарата для разгрузки колонн блока алкилирования по фенолу и предотвращения термодеструкции, уменьшения кислотных отложений.

Рассмотрена возможность замены сырья – в качестве алкилирующего агента целесообразно использование альфа-олефинов, которые имеют тенденцию к присоединению в п-положение в кольце молекулы фенола, а также исключают образование дидодецилфенолов.

Целевым продуктом реакции алкилирования является монододецилфенол. В процессе важную роль играет вид алкилирующего агента. Необходимо, чтобы селективность реакции образования монододецилфенола увеличилась. При алкилировании тетрамерами пропилена выход целевого продукта достигает 42% на продукт [3].

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики альфа-олефинов и тетрамеров пропилена.

Таблица 1. – Характеристики альфа-олефинов и тетрамеров пропилена

| Свойство | Альфа-олефины (C ₁₂) | Тетрамеры пропилена |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Внешний вид | Прозрачная жидкость без механических примесей | Прозрачная жидкость с желтоватым оттенком |
| Плотность при 20 °С, г/см ³ | 0,76 | 0,785 |
| Фракционный состав: | | |
| - начало кипения, °С | – | 170 |
| - конец кипения, °С | – | 215 |
| Содержание олефинов, % масс.: | | |
| - C ₁₂ | 98,0 | 94,0 |
| - выше C ₁₂ | 1,0 | 5,0 |
| - ниже C ₁₂ | 1,0 | 1,0 |
| Содержание влаги, % масс. | 0,0100 | 0,05 |
| Бромное число (г) Br ₂ /100 г | 83...95 | 110...120 |

Можно сделать вывод о целесообразности использования альфа-олефинов в качестве алкилирующего агента, так как исходя из стерического фактора синтеза целевого продукта додецилфенола вероятность получения п-додецилфенола даёт возможность для синтеза в дальнейшем присадки ВНИИ НП-353 как сырья для последующего получения присадок ВНИИ НП-354 и ВНИИ НП 714. Плотность альфа-олефинов фракции C₁₂ ниже, чем тетрамеров пропилена, следовательно, уменьшатся затраты на смешение исходных реагентов для алкилирования, уменьшатся энергетические затраты на процесс. С экологической точки зрения более выгодно алкилирование альфа-олефинами – за счёт длинных углеводородных хвостов додецилфенол на 60% быстрее разлагается, чем додецилфенол, полученный при алкилировании тетрамерами пропилена [4].

Более того, согласно данным [5], при алкилировании ароматических углеводородов α-олефинами с 10...14 атомами углерода ароматические углеводороды с длинными боковыми цепями имеют значи-

тельно более высокий выход 2-фенильного изомера, который является предпочтительным вследствие того, что углеводородные хвосты в результате дальнейшего сульфирования вещества придают моющие свойства и свойство солюбилизации.

Также было замечено, что алкилирование фенола α -олефинами с длинной углеродной цепью имеет ряд проблем. Чем больше длина углеводородного хвоста α -олефина, тем меньшая объёмная скорость необходима, так как растворимость реагентов уменьшится соответственно. Поскольку α -олефины хуже смешиваются с жидким алкилфенолом, существует необходимость в установке предварительного смесителя сырья перед мешалкой. В дополнение отметим, что использование длинноцепочечных α -олефинов как реагентов может привести к формированию коксовых отложений на поверхности катализатора. Чем выше молекулярная масса α -олефина, тем сложнее контролировать образование вторичных продуктов, а именно дидодецилфенолов.

Однако имеются и положительные стороны использования α -олефинов в качестве алкилирующего агента: большая конверсия сырья, селективность реакции образования монододецилфенола и срок службы катализатора также увеличиваются.

Согласно источнику [6], мольное отношение α -олефинов к фенолу составляет от 10:1 до 3:1; α -олефинов к катализатору – от 20:1 до 2:1; выход монозамещённых ароматических углеводородов 80%, среди которых 70% алкилированы в пара-положение. Температура в реакторе может варьироваться от 20 до 260 °С, при этом предпочтительны температуры в диапазоне от 100 до 170 °С. В качестве катализатора рассматривается морденит с размерами пор 6,7...7,5 Å.

Предлагается в качестве сырья для получения α -олефинов использовать этилен, производимый на ОАО «Полимир». Этилен направляется на установку для производства полиальфа-олефинов с применением реакции Фриделя – Крафтса на катализаторе трифторид бора и спиртов в качестве сокатализаторов (рисунок 5).

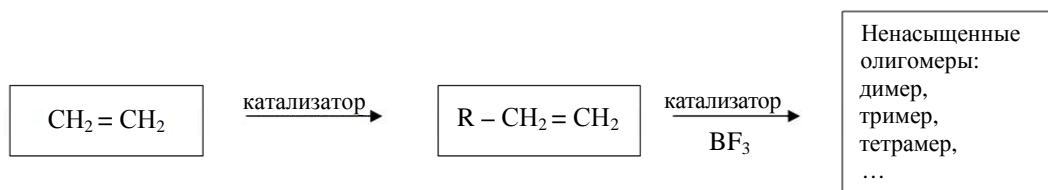


Рисунок 5. – Первая стадия производства полиальфа-олефинов

Следующая стадия производства заключается в гидрогенизации ненасыщенных олигомеров, что достигается введением классических катализаторов, например, никеля на кизельгуре или палладия на носителе, в качестве которого выступает оксид алюминия Al_2O_3 (рисунок 6).

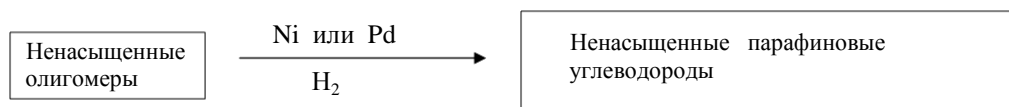


Рисунок 6. – Вторая стадия производства полиальфа-олефинов

На третьей, последней стадии насыщенные олигомеры подвергают перегонке. Приведенная технология используется ОАО НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ при производстве фракции альфа-олефинов C_{12} и C_{14} [7].

На основании проведенных исследований [8–11] рациональным является решение установки выпарного аппарата после мешалки для отделения от реакционной массы высококипящих примесей и сульфокислот.

Сущность способа получения пара-трет-бутилфенола и устройства для его осуществления иллюстрируется схемой на рисунке 7.

Предлагаемый способ получения пара-трет-бутилфенола высокого качества включает:

- алкилирование фенола изобутиленом на гетерогенном сульфокатионитном катализаторе;
- отделение высококипящих примесей от реакционной массы, состоящей из фенола, пара-трет-бутилфенола, ОТБФ, 2,4-ди-трет-бутилфенола и высококипящих примесей, путем ее пленочного испарения;
- разделение реакционной массы методом вакуумной ректификации в трех колоннах с выделением в первой колонне части фенола, во второй – фенола и орто-трет-бутилфенола, которые рециркулируют на стадию алкилирования, в третьей – пара-трет-бутилфенола в виде дистиллята и смеси 2,4-ди-трет-бутилфенола и остаточного пара-трет-бутилфенола в виде кубового остатка, который рециркулирует на стадию алкилирования фенола изобутиленом.

Для предотвращения попадания пара-трет-бутилфенола в вакуумсоздающее оборудование и последующей забивки оборудования при его кристаллизации на вакуумной линии осуществляют абсорбционное улавливание несконденсировавшихся паров пара-трет-бутилфенола.

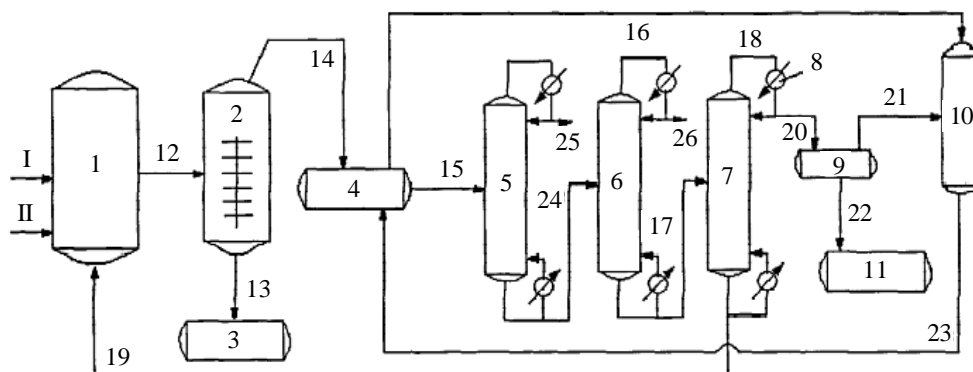


Рисунок 7. – Схема получения продукта алкилирования с применением выпарного аппарата

Устройство для осуществления указанного способа содержит: реактор алкилирования 1 фенола изобутиленом на гетерогенном сульфокатионитном катализаторе, снабженный трубопроводом 12 вывода реакционной массы; первую и вторую колонны вакуумной ректификации 5 и 6, соединенные трубопроводом 24; трубопроводы 25, 26 вывода рециркулирующих потоков дистиллята, соединенные с реактором алкилирования 1. Реактор алкилирования 1 трубопроводом 12 вывода реакционной массы соединен с пленочным испарителем 2, оборудованным емкостями приема кубового остатка 3 и дистиллята 4, соединенными с пленочным испарителем 2 дополнительными трубопроводами 13 и 14; приемник 4 дистиллята пленочного испарителя 2 другим трубопроводом 15 соединен с первой ректификационной колонной 5; вторая ректификационная колонна 6 соединена трубопроводом 17 с дополнительной третьей ректификационной колонной 7, кубовая часть которой, снабженная трубопроводом 19 вывода рециркулирующего потока, соединена с реактором алкилирования 1, а верхняя часть снабжена трубопроводом 18 вывода паров товарного продукта, соединенным с дефлегматором 8, который соединен трубопроводом 20 с сепаратором 9. Сепаратор соединен трубопроводом 22 с емкостью 11 приема товарного пара-трет-бутилфенола и дополнительным трубопроводом 21 с абсорбером 10, нижняя часть которого соединена трубопроводом 23 с емкостью 4 приема дистиллята пленочного испарителя.

Осуществление способа *получения пара-трет-бутилфенола* поясняется в нижеприведенном примере с использованием устройства для его осуществления.

В реактор алкилирования 1 загружают изобутилен и фенол, возвратные фенол и орто-трет-бутилфенол по трубопроводам 25 и 26, выделяемые в ректификационных колоннах 5 и 6 в виде дистиллята, по трубопроводу 19 – кубовый остаток ректификационной колонны 7. Реакционную массу по трубопроводу 12 подают в выпарной аппарат, в котором происходит отделение от остальных продуктов, выводят по трубопроводу 13 в емкость приема кубового остатка 3, а дистиллят по трубопроводу 14 в емкость 4. Использование пленочного испарения для предотвращения попадания вторичных продуктов на стадию вакуумной ректификации, присутствие которых приводит к снижению качества товарного продукта, позволяет также проводить реакцию алкилирования при меньшем избытке фенола по отношению к изобутилену, так как в этих условиях наблюдается больший выход товарного пара-трет-бутилфенола, нежели в ближайшем аналоге, и нет надобности ограничивать образование побочного продукта 2,4-ди-трет-бутилфенола, который возвращают в качестве рецикла в реактор алкилирования 1.

Разделив в емкости 4 реакционную массу на две части, одну подают на орошение абсорбера 10 по трубопроводу 16, а большую направляют через трубопровод 15 на ректификацию в три последовательно работающие ректификационные колонны 5, 6 и 7. Дистиллят колонн 5, 6, состоящий из фенола и орто-трет-бутилфенола, по трубопроводам 25 и 26 подают обратно в реактор алкилирования. Благодаря тому, что кубовый остаток колонны 7, представляющий собой смесь 2,4-ди-трет-бутилфенола и пара-трет-бутилфенола, не содержит вторичных продуктов, его направляют обратно на стадию алкилирования по трубопроводу 19 с целью повышения выхода целевого продукта. Дистиллят колонны 7, содержащий пара-трет-бутилфенол высокого качества, конденсируют в дефлегматоре 8, соединенном с колонной трубопроводом 18, далее его направляют по трубопроводу 20 в сепаратор 9, где происходит разделение жидкой части и несконденсировавшихся паров. Из сепаратора по трубопроводу 22 жидкую часть подают в емкость 11 приема товарного пара-трет-бутилфенола, и по трубопроводу 21 несконденсировавшиеся пары пара-трет-бутилфенола поступают в абсорбер 10, где происходит их улавливание. Тем самым уда-

ется избежать потерь товарного продукта и обеспечить стабильную работу вакуумсоздающего оборудования. Кубовую часть абсорбера выводят по трубопроводу 23 в емкость 4.

Предлагаемая группа изобретения позволяет получить товарный продукт, очищенный от примесей, снижающих его основные характеристики, такие как концентрация основного вещества, температура кристаллизации и цветность, что, в свою очередь, позволяет использовать его в фармацевтической промышленности и производстве различных полимеров и пластификаторов, и повысить выход целевого продукта [8].

Актуальной проблемой в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности является повышение качества производимой продукции и снижение энергопотребления технологических процессов. С этой целью на предприятии «ЛЛК-Нафтан» проводится ряд мероприятий инновационного характера. В их число входило совершенствование промежуточной стадии синтеза присадки ВНИИ НП 353 – процесс алкилирования фенола тетрамерами пропилена [12].

Принимая во внимание, что взаимодействие фенола и тетрамера пропилена происходит на каталитических центрах, расположенных главным образом внутри гранул сульфокатионита (в его порах), применение сульфокатионитов с гелевой структурой гранул типа КУ-2-8 нецелесообразно.

Из выпускаемых промышленностью в странах СНГ макропористых сульфокатионитов наиболее отвечающим предъявляемым требованиям является макропористый сульфокатионит КУ-23 10/60 ГОСТ 20298, имеющий радиус пор 250...600 Å. Такой размер пор обеспечивает высокую скорость диффузии реагентов (фенол и тетрамер пропилена) к активным (каталитическим) центрам и обратную диффузию продуктов реакции (моно- и ди-додецилфенолов), что обеспечивает высокую скорость превращения исходных реагентов в целевой продукт.

Сульфокатионит КУ-23 10/60 обладает особенностью, отличающей его от других макропористых сульфокатионитов марки КУ-23. При большом радиусе пор последние имеют малый суммарный объем 0,25...0,3 см³. Это обусловлено наличием так называемой «скрытой пористости», то есть суммарный объем пор может значительно увеличиваться при переходе сульфокатионита в рабочее (набухшее фенолом) состояние. Эта особенность сульфокатионита КУ-23 10/60 снижает по сравнению с другими макропорами смолообразование в процессе алкилирования и обеспечивает значительный срок службы катионита [13].

Как альтернативные рекомендуются: импортный катионит Purolite CT-175; катионит КУ-23-15/100 и КУ-23-30/100. В таблице 2 представлены физические характеристики сульфокатионитов.

Таблица 2. – Физические характеристики сульфокатионитов

| Тип катионита | Удельная поверхность, м ² /г | Суммарный объем пор, см ³ /г | Полная обменная емкость, мг-экв./г | Средний эффективный радиус пор, Å |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| КУ-2.8 | ≤ 0,1 | 0,018 | 2,5 | 7...13 |
| КУ-23, 30/100 | 55...70 | 0,6...0,8 | 3,5 | 200...300 |
| КУ-23, 15/100 | 30...40 | 0,4...0,6 | 4,2 | 290...400 |
| КУ-23, 10/60 | 10...15 | 0,2...0,3 | 3,6...4,0 | 300...480 |
| Purolite CT-175 | 30 | 0,5 | 4,1 | 650 |

Молекулярные сита, которые пригодны в качестве катализатора, должны иметь размер пор 6,7...7,5 Å и иметь соотношение кремний:алюминий от 30:1 до 2:1. Морденит в частично или полностью кислотной форме может быть использован для процесса алкилирования. Первоначально морденит реализуется в аммонийной форме, но при 500 °С цеолит полностью теряет свою кислотную функцию. Цеолиты с меньшим размером пор, такие как ZSM-5, ZSM-11, размер пор которых составляет 5,4 Å, не проявляют каталитической активности в реакциях алкилирования ароматических углеводородов. Цеолиты с большим размером пор (13 Å), чем у мордерита, такие как У-цеолиты, имеют высокую реакционную способность, но меньшую селективность в реакциях алкилирования [6].

Таким образом, в качестве катализатора в процессе алкилирования фенола альфа-олефинами принят морденит CBV-21A. В таблице 3 приведены основные характеристики видов данного катализатора [14].

Таблица 3. – Характеристика цеолита морденит

| Катализатор | Мольное соотношение SiO ₂ /Al ₂ O ₃ | Номинальная катионная форма | Na ₂ O% масс. | Площадь поверхности, м ² /г |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| CBV-10ADS | 13 | Натрий | 6,6 | 425 |
| CBV-21A | 20 | Аммиак | 0,08 | 500 |

Заключение. На основании результатов проведенного исследования выбраны и обоснованы основные направления модернизации блока алкилирования фенола олефинами:

- замена алкилирующего агента;
- замена катализатора процесса алкилирования фенола;
- установка выпарного аппарата перед блоком отделения продуктовой смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотов, А.В. Композиция гетероорганических соединений как антиокислительная и трибологически активная присадка к моторным маслам с улучшенными экологическими свойствами : дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.13 / А.В. Золотов. – М., 2014. – 115 л.
2. Korbut, A. Mechanisms of alkylation / A. Korbut // Electronic collected materials of X Junior Researchers' Conference (Novopolotsk, May 10–11, 2018). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Промышленный технологический регламент по процессу алкилирования цеха алкилфенольных присадок СООО «ЛЛК-Нафтан» ТР-2010-01-2.
4. Манг, Т. Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник / Т. Манг, У. Дрезель ; пер. 2-го англ. изд. под ред. В.М. Школьников. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 944 с.
5. Process and system for alkylation of aromatic compounds : Pat. US 6315964. Unated States Patent. Date of Patent nov.13.2001 / John F. Knifton ; Prakasa Rao Anantanenl, both of Austin ; Melvin Stockton, Georgetown, all of TX (US).
6. Alkylation of aromatics with alpha-olefins : Pat. US 4731497. United States Patent. Date of Patent nov.15.1998 / Roger A. Grey, West Chester, Pa. Atlantic Richfield Company, Los Angeles, Calif.
7. Kumar, G. New Polyalphaolefin Fluids for Speciality Applications / G. Kumar, R.L. Shubkin // Lubricants Engineering. – 1993. – P. 723–725.
8. Способ получения пара-трет-бутилфенола и устройство для его осуществления : пат. RU 2502718 / Б.С. Стрельчик, И.В. Соглаев, А.К. Сендель, А.А. Никулин, Т.Н. Нестерова, И.О. Воронин, А.Д. Агафонов. – Оpubл. 27.12.2013.
9. Патент США : US 3422157, н. кл. 260-624. – Оpubл. 14.01.69.
10. Описание к авт. св. СССР № 979319, МКИ C07C 39/06, C07C 37/34. – Оpubл. 07.12.82.
11. Способ выделения пара-трет-бутилфенола из реакционной смеси и устройство для его осуществления : пат. RU № 2176633 / А.Д. Агафонов, Л.П. Кривова, А.С. Малиновский, А.Б. Солодовников, В.А. Чекмарев. – Оpubл. 10.12.2001.
12. Совершенствование процесса алкилирования фенола тетрамерами пропилена на макропористых сульфокатионитах в СООО «ЛЛК-Нафтан» / А.В. Факеев [и др.] // Вестник Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2016. – № 11. – С. 101–107.
13. Сарданашвили, А.Г. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа / А.Г. Сарданашвили, А.И. Львова. – М. : Химия, 1980. – 256 с.
14. Морденит [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fizlabpribor.ru/Zeolyst/Zeolyst.php#M>. – Дата доступа 05.05.2018.

Поступила 03.08.2018

INNOVATIVE IDEAS OF PHENOL ALKYLATION PROCESS MODERNIZATION WITH THE AIM OF ALKYLATE QUALITY IMPROVEMENT

S. POKROVSKAYA, A. KORBUT

The directions of improvement of phenol alkylation process in JV “LLK-NAFTAN” are viewed. The theory of phenol alkylation process and different ways of technology improvement are determined. The alkylation agent substitution from tetramers of propylene to alpha-olefins is proposed as the way of modernization. The sulphocationite catalysts substitution on zeolite catalyst Mordenite which has better chemical performance characteristics is proposed as the other the way of process modernization. In order to improve the quality of the main product the new evaporator embed opportunity is represented.

Keywords: petrochemical industry, production of phenolic additives, the alkylation of phenol, zeolite catalysts, sulphocationite catalysts.