

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

С. Б. Аркенова, Е. Р. Самойлов

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Ивашкина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, arkenova19@gmail.com

Гидроочистка – одна из важнейших технологий в нефтеперерабатывающей промышленности. Благодаря процессу гидроочистки из нефтяных дистиллятов удаляются гетероатомные соединения (серо-, азот- и кислородсодержащие) путем селективной реакции этих соединений с водородом в слое катализатора при повышенной температуре. Тем самым снижаются выбросы токсичных газов при сгорании топлива.

В случае сырья каталитического крекинга, в состав которого в основном входят тяжелый атмосферный газойль, легкий вакуумный газойль и тяжелый вакуумный газойль, его гидроочистка более сложна, чем гидроочистка легких и средних дистиллятов, поскольку в тяжелых потоках более высокое содержание серы. При этом гетероорганические соединения характеризуются более низкой реакционной способностью по сравнению с соединениями, входящими в состав легких фракций [1]. Хорошо известно, что установки каталитического крекинга являются одним из основных производителей бензина на нефтеперерабатывающем заводе, а бензин крекинга обычно вносит основной вклад в уровень

содержания серы в товарном бензине (около 90 %). По этим причинам предварительное облагораживание сырья каталитического крекинга является надежным инструментом для обеспечения требуемого качества продукта. Каталитические процессы достаточно сложны, потому как охватывают огромное количество различных реакций, в которых участвует большое количество компонентов. Математическое моделирование является одним из способов повышения эффективности химико-технологических процессов [2].

Цель работы – разработка кинетической модели процесса гидроочистки вакуумного газойля, учитывающей изменение углеводородного состава сырья.

Для создания математической модели процесса, в первую очередь, необходимо определить реакции и соединения, участвующие в химических превращениях. Таким образом, в ходе данной работы была разработана формализованная схема превращений, которая в дальнейшем станет основой для создания математической

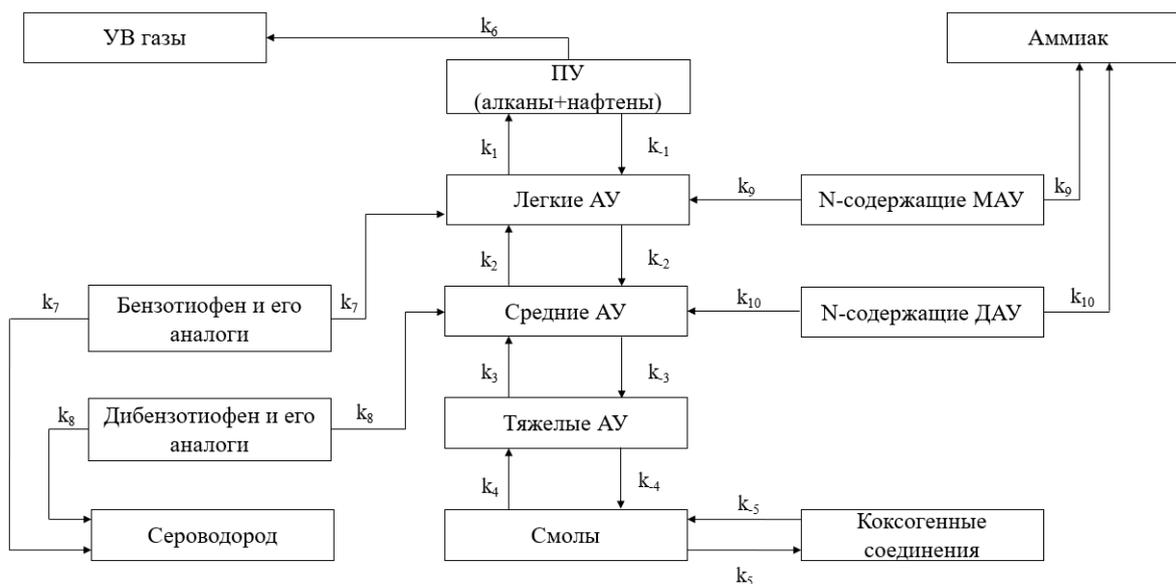


Рис. 1. Формализованная схема превращения углеводородов и гетероатомных соединений в процессе гидроочистки вакуумного газойля, где ПУ – предельные углеводороды; АУ – ароматические углеводороды; МАУ – моноароматические углеводороды; ДАУ – диароматические углеводороды; k_i – константа скорости i -й прямой реакции; k_{-i} – константа скорости i -й обратной реакции

модели процесса гидроочистки вакуумного газойля (рис. 1).

На основе результатов жидкостно-адсорбционной хроматографии с градиентным вытеснением образцов до и после гидроочистки в схему было введено разделение вакуумного газойля на смолы, предельные (алканы и нафены) и ароматические (легкие, средние и тяжелые) углеводороды. В качестве серосодержащих псевдокомпонентов были выбраны бензотиофен и дибензотиофен, на которых будет базировать-

ся общая кинетика реакций серосодержащих соединений. В качестве азотсодержащих компонентов для схемы превращения были выбраны моно- и ди-ароматические углеводороды, содержащие азот. Схема учитывает реакции гидрирования, гидрогенолиза, dealкилирования, гидрокрекинга и коксообразования. При этом процесс накопления кокса на катализаторе обратимый, так как химические превращения проходят в среде водорода. Таким образом модель будет чувствительна к расходу водорода.

Список литературы

1. Babich I. V., Moulijn J. A. // *Fuel*, 2003. – 82 (6). – P. 607–631.
2. Ушева Н. В., Мойзес О. Е., Митянина О. Е., Кузьменко Е. А. *Математическое моделиро-*

вание химико-технологических процессов: учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2014. – 135 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭФИРА РАПСОВОГО МАСЛА КАК КОМПОНЕНТА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

В. С. Бевз, Е. А. Козяева

Научный руководитель – к.т.н., доцент С. С. Косицына

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, skositsyna@sfu-kras.ru

С учетом возрастающих требований по снижению выбросов парниковых газов и продуктов сгорания, продолжает быть актуальным вопрос по поиску вариантов частичной или полной замены товарных нефтепродуктов возобновляемыми ресурсами из растительного сырья. Использование рапсового масла в качестве основы моторного топлива для дизельных двигателей, в особенности автотракторных, хорошо изучено [1–3].

Также рассматриваются варианты использования растительных масел, альтернативного топливному, в первую очередь – в качестве компонентов смазочных материалов [4].

В работе были проведены экспериментальные исследования по оценке влияния добавки продукта химической модификации рапсового масла на основные эксплуатационные свойства базового масла.

В качестве добавки к базовому промышленному маслу И-20а использовали продукт этерификации рапсового масла с изобутиловым спиртом в присутствии концентрированной серной кислоты.

Соотношение рапсовое масло/спирт близко к эквимолярному, температура – 100 ± 5 °С,

давление – атмосферное. После завершения процесса реакцию массу нейтрализовали и выделяли эфиры перегонкой в вакууме. Продукт этерификации вводили в базовое масло в количестве от 10 до 50 % масс. Для исходных масел и их смесей определяли температуру вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 4333, температуру застывания по ГОСТ 20287, кинематическую вязкость при 40 и 100 °С по ГОСТ 33. Индекс вязкости рассчитывали по ГОСТ 25371.

Результаты измерений представлены на рис. 1.

Таким образом, показано, что вовлечение продуктов химической переработки растительных масел приводит к снижению температуры вспышки и незначительному изменению низкотемпературных свойств. Высокий индекс вязкости продукта этерификации и его смесей с базовым маслом очевидно определяется наличием кислородосодержащих соединений в составе.

Исследования выполнены по государственному заданию Минобрнауки России по проекту «Разработка комплекса научно-технических решений в области создания биотоплив и оптимальных биотопливных композиций, обеспечивающих возможность трансформации потребля-