

шести часов при температуре 175 °С, далее при температуре 145 °С в течение двух часов. Охлаждали до 20–22 °С. Определяли характеристики полимерно-битумного вяжущего.

По результатам физико-механических характеристик (табл. 1) видно, что при сочетании гудрона и пластификаторов у нас незначитель-

но увеличились температура размягчения, вязкость, растяжимость и уменьшилась температура хрупкости, что свидетельствует о создании чуть более жесткой композиции, но сохраняющей свойства битумного вяжущего при этом уменьшились материальные затраты на получаемый продукт.

Список литературы

1. Лукина В.И., Житов Р.Г., Дьячкова С.Г. Трансформация нефтяных дисперсных систем при вовлечении синтетических восков // *Теоретические основы химической технологии*. – 2023. – Т. 57. – № 6. – С. 731–735.
2. Гуреев А.А. Нефтяные вяжущие материалы. – М. : Издательский дом «Недра». – 2018. – 242 с.
3. Черепанов В.Д., Дьячкова С.Г., Кузора И.Е., Дубровский Д.А., Лукина В.И. Трансформация нефтяных дисперсных систем в процессе эксплуатации // *Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2021. – Т. 3. – С. 481–490.
4. Мусостов Ш.И., Сангариева Э.Н., Анаева М.Х. Модификация битумов полимерами. // *Вестник магистратуры*. – 2021. – № 4–1 (115). – С. 29–34.
5. Лукина В.И., Житов Р.Г., Дьячкова С.Г. Вовлечение тяжелых нефтяных остатков в битум и полимерно-битумное вяжущее // *Технические и технологические системы*. – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – 2023. – С. 242–245.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДУКТОВ ЦЕОФОРМИНГА

Д. М. Лукьянов, А. А. Алтынов

Научный руководитель – к.т.н., доцент ОХИ ТПУ М. В. Киргина

Томский политехнический университет

634050, Томск, пр. Ленина, 30

dml4@tpu.ru

Проблема рационального использования нефти и газа не теряет своей актуальности вследствие роста доли трудноизвлекаемых запасов в активах нефтегазодобывающих компаний, в том числе в районах Крайнего Севера. В данных условиях экономически оправданной является технология цеоформинга, которая может применяться для малотоннажного производства автомобильных бензинов непосредственно на пунктах подготовки газа [1]. Целью такого подхода является снижение операционных затрат на доставку топлива для удаленных потребителей. Цеоформинг позволяет получить автомобильный бензин с октановым числом 85–90 пунктов (исследовательский метод) в процессе переработки стабильного газового конденсата [2].

Технология цеоформинга использует в качестве катализатора цеолит и проводится при тем-

пературах 375–450 °С и давлении 0,2–1,0 МПа. В состав установки входит реактор с неподвижным слоем катализатора, колонны ректификации для разделения продуктов реакции, аппараты воздушного охлаждения в качестве конденсаторов колонн ректификации, печи в качестве испарителей колонн ректификации, насосное и емкостное оборудование. Конкретная реализация технологии требует учета факторов, связанных с предполагаемой локацией установки.

Важным аспектом на этапе детализации аппаратурного оформления процесса цеоформинга является разработка системы управления, учитывающей будущую производительность установки, перечень получаемых продуктов и т. д.

Целью данной работы является формализация подхода к разработке системы управления процессом ректификации продуктов цеофор-

минга с использованием динамического моделирования.

Ключевой особенностью динамического моделирования является возможность оценки изменений режимных параметров процесса во времени с учетом конкретной реализации системы управления.

Задача синтеза системы управления процессом ректификации хорошо описана в литературе [3], однако традиционный подход заключается в использовании стационарных моделей процесса для выбора контрольных тарелок в колонне разделения. Значения температур на контрольных тарелках используются для поддержания режима ректификации за счет увеличения расхода греющего пара или расхода флегмы в ректификационную колонну.

Применение классических методик для выбора контрольных тарелок позволяет получить множество потенциальных вариантов схемы управления. На данном этапе сложность состоит в выборе оптимальной логики управления. Применение динамического моделирования позволяет выполнить сравнительный анализ всех вариантов и обосновать выбор конкретной конфигурации схемы управления.

В данной работе с применением динамической модели, выполненной в Aspen Plus и Aspen Plus Dynamics, была разработана конфигурация схемы управления колонной стабилизации продуктов цеоформинга. Методика синтеза системы управления включает следующие шаги:

1. Выявление потенциальных контрольных тарелок с использованием стационарной модели колонны стабилизации;

2. Расчет переходных процессов, происходящих при реализации трех стресс-сценариев: увеличение расхода реакционной массы, увеличение содержания легкого ключевого компонента в реакционной массе, увеличение содержания тяжелого ключевого компонента в реакционной массе. Расчет выполнен для каждой потенциальной конфигурации системы управления;

3. Количественное сравнение конфигураций схемы управления с учетом величины и длительности отклонений качества продуктовых потоков колонны стабилизации.

С применением описанного подхода выбрана оптимальная конфигурация системы управления колонной стабилизации продуктов цеоформинга. Выбранная система управления показала свою эффективность во всех стресс-сценариях, перечисленных в п. 2.

Список литературы

1. Токарев Ю.И., Андреев Р.В. Малотоннажное производство нефтепродуктов для отдаленных нефтегазовых регионов РФ // «Экспозиция нефть и газ». – 2014. – № 7 (39). – С. 46–47.
2. Каримова А.Р., Давлетишин А.Р., Хамзин Ю.А., Имашева М.У. Исследование влияния цеолитных катализаторов структуры

ZSM-5 и FAU на качественный выход целевых продуктов при переработке прямогонных бензинов // «Баширский химический журнал». – 2018. – Т. 25. – № 4. – С. 110–115.

3. Moore, Charlie. Application of singular value decomposition to the design, analysis, and control of industrial processes // IEEE 1986 American Control Conference. – 1986. – P. 643–650.