

ются основой для выбора технологических и конструкционных параметров процесса.

Уменьшение удельного энергопотребления исследуемых процессов произведено за счёт снижения потребляемой мощности компрессо-

ров с газовым приводом. В результате анализа влияния расходов хладагентов получены оптимальные соотношения, при котором суммарная мощность потребляемой энергии компрессорами минимальна.

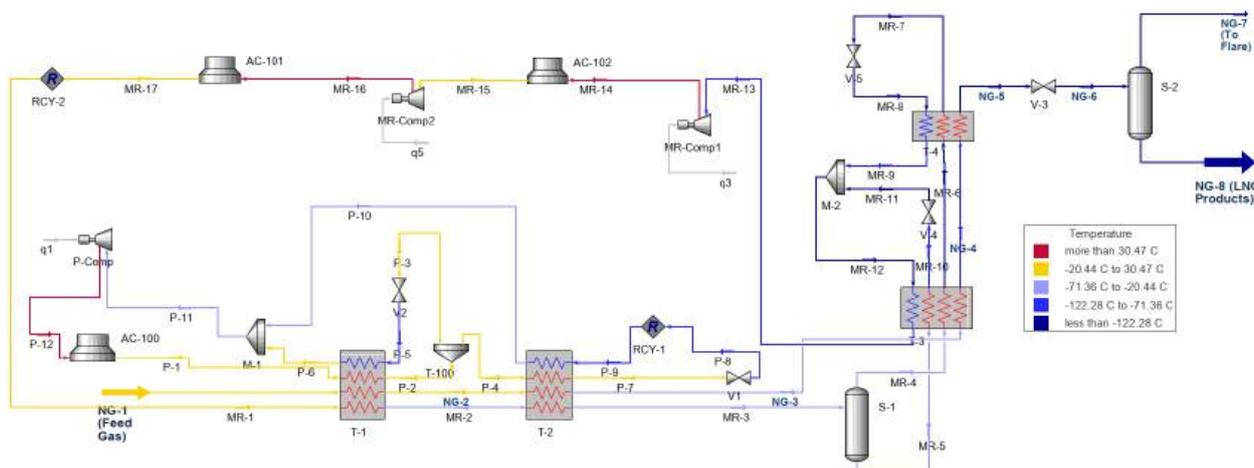


Рис. 1. Модель процесса сжижения природного газа с применением двойного смешанного хладагента в ПО Husys

Список литературы

1. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 159 с.
2. Mokhatab S. Handbook of Liquefied Natural Gas // Elsevier, 2014. – 591 p.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

М. С. Григораш, Р. А. Ваганов, Е. Р. Самойлов, А. Ю. Дементьев
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Ивашкина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Сибирский Федеральный Университет
ООО «КИНЕФ»
msg11@tpu.ru

Создание и использование математической модели процесса гидрокрекинга является сложной комплексной задачей по оптимизации нефтеперерабатывающего производства. Решение данной задачи позволяет усовершенствовать технологию, увеличивать конверсию сырья и продлить срок жизни катализатора.

Для создания математической модели необходимы экспериментальные данные, получен-

ные как в лабораторных, так и в промышленных условиях. Целью работы стало проведение экспериментальных исследований процесса гидрокрекинга вакуумного газойля на лабораторной каталитической установке с получением исходных данных для моделирования.

Эксперимент по проведению гидрокрекинга вакуумного газойля осуществлен с помощью универсальной каталитической установки фир-

мы Vinci Technologies модели Micro Catalyst Bed (рис. 1).

Установка представляет собой настольный автоматизированный прибор на основе мини-реактора объемом до 10 мл и совмещенной с ним нагревательной печью, обеспечивающих работу при температурах до 550 °С и давлении до 20 МПа [1].

Для проведения гидрокрекинга были подобраны следующие технологические параметры процесса: давление – 13 МПа; объем катализатора – 5 мл; объемная скорость подачи сырья – 1,2 ч⁻¹; кратность циркуляции водорода – 1000 м³/м³. Таким образом, расход сырья составил 5,3 см³/ч, расход водорода – 5300 см³/ч. Сырьем процесса являлся вакуумный газойль дистилляции мазута (фр. 290–530 °С).

Для экспериментов был использован промышленный катализатор гидрокрекинга. Было проведено 4 эксперимента по гидрокрекингу

вакуумного газойля при разных температурах: 390 °С, 400 °С, 410 °С, 420 °С. В результате были получены газообразные и жидкие продукты и составлен материальный баланс процесса гидрокрекинга (табл. 1, 2).

Состав газообразных продуктов были проанализированы с помощью газового хроматографа Clarus 500 GC, метод ГОСТ 52714-2018. Результаты показали, что при увеличении температуры доля легких газов (метан, этан, пропан) увеличивается с 59 % до 74 %.

Анализ жидких продуктов осуществлен с помощью двумерной газовой хроматографии для получения углеводородного состава полученных продуктов.

На основе результатов исследований уточнена схема превращений веществ в реакторе гидрокрекинга. Результаты экспериментов использованы при оценке кинетических параметров реакций и верификации модели.

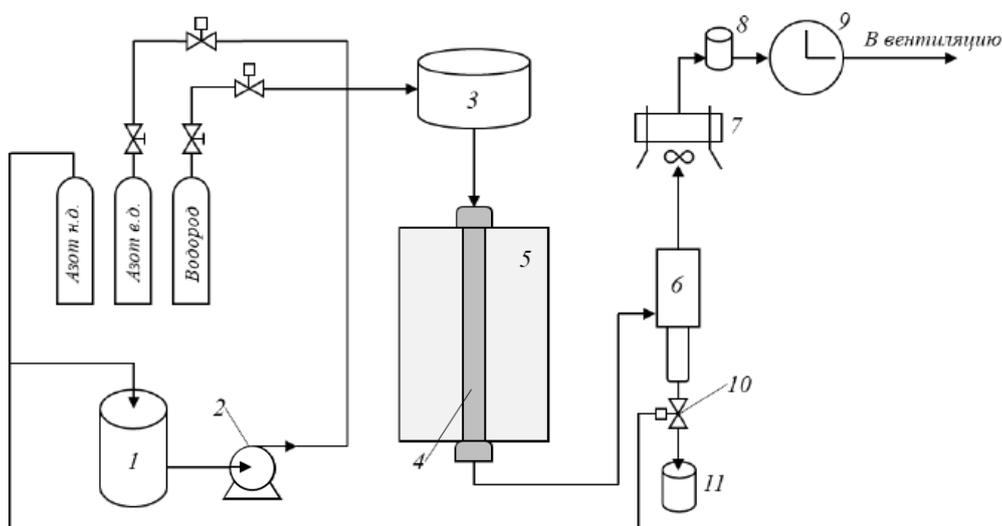


Рис. 1. Принципиальная схема установки Micro Catalyst Bed

1 – сырьевая емкость, 2 – сырьевой насос, 3 – преднагреватель, 4 – реактор, 5 – нагревательная печь, 6 – сепаратор, 7 – аппарат воздушного охлаждения, 8 – регулятор давления, 9 – газопас, 10 – пневматический клапан, 11 – продуктовая емкость.

Таблица 1. Материальный баланс гидрокрекинга при температуре 400 °С

Приход	г	%	Расход	г	%
Сырье	30,14	90,75	Жидкий продукт	18,854	56,76
Водород	3,07	9,25	Газообразный продукт	14,36	43,24
Итого	33,22	100	Итого	33,22	100

Таблица 2. Материальный баланс гидрокрекинга при температуре 420 °С

Приход	г	%	Расход	г	%
Сырье	36,53	90,75	Жидкий продукт	21,751	54,04
Водород	3,72	9,25	Газообразный продукт	18,50	45,96
Итого	40,25	100	Итого	40,25	100

Список литературы

1. Vaganov R.A., Kuzmicheva M.V., Shmargunova M.S. // *Russian Journal of Applied Chemistry*. – 2023. – V. 96. – № 3. – P. 372–376.

ВОЗМОЖНОСТИ ИК-ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ В СОЧЕТАНИИ С МЕТОДОМ ПРОЕКЦИИ НА ЛАТЕНТНЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА

А. В. Гусев, З. А. Полынцев, Т. Ю. Железнова, О. А. Казакова
Научный руководитель – старший преподаватель кафедры ХиХТ О. А. Казакова

ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»
644050, Омск, пр. Мира, д. 11
o.a.kazakova@yandex.ru

Современные бензиновые двигатели внутреннего сгорания характеризуются высокой степенью сжатия, поэтому ужесточаются требования к детонационной стойкости автомобильного бензина. Детонационную стойкость бензина оценивают по значению октанового числа (ОЧ). Экспериментальное определение ОЧ проводится на лабораторных установках двумя методами: исследовательский (ОЧИ) и моторный (ОЧМ). Однако эти способы не лишены недостатков: необходимость использования дорогих расходных материалов, длительность и трудоемкость испытания [1]. Одним из вариантов экспрессной оценки ОЧ бензина является сочетание ИК-спектроскопии с математическими методами обработки спектров [2]. Математические алгоритмы (МГК, ПЛС и другие) позволяют создать модель для предсказания ОЧ. При этом наиболее значимым недостатком такой модели является высокая чувствительность к изменчивости исходных данных. Таким образом, создание эффективной и универсальной математической модели для предсказания октанового числа бензина по его ИК-спектру продолжает оставаться актуальной аналитической задачей.

Целью работы является оценка возможностей ИК-Фурье-спектроскопии в сочетании с методом проекции на латентные структуры (ПЛС) для предсказания октанового числа товарных автомобильных бензинов.

Для регистрации спектров применяли ИК-Фурье-спектрометр «FT-801». В работе использовали 50 образцов бензинов с ОЧИ ~ 92 и ~ 95 пунктов (в качестве референтных значений приняты результаты определения ОЧ согласно ГОСТ 8226-2022). ИК-спектры регистрировали

в диапазоне 4000–400 см⁻¹ не менее трех раз для каждого образца, затем производили усреднение. Для построения моделей формировали обучающую выборку и тестовый набор. Исходные данные представляли в виде матриц зависимых переменных Y (ОЧ образцов) и независимых переменных X (абсорбционности A на n волновых числах). Варьировали объем обучающей выборки (N), число аналитических волновых чисел (n), число главных компонент (ГК).

В ходе моделирования устанавливали и анализировали связь между ОЧ бензина с абсорбционностями в выбранном спектральном диапазоне. Проверку эффективности моделей производили, рассчитывая и сравнивая значения среднеквадратичных ошибок калибровки (RMSEC) и предсказания (RMSEP).

Установлено, что при N = 40, n = 1800 (4000–500 см⁻¹), оптимальное число ГК = 8 (RMSEC < 0,9 и RMSEP < 1,0 пункта, рисунок 1). Уменьшение N до 10 образцов (ГК = 8, n = 1800) при проверке на том же тестовом привело к возрастанию RMSEP до 1,5 пунктов. Изменение числа столбцов в матрице абсорбционностей за счет подбора спектрального диапазона оказывает влияние на результат предсказания ОЧ. Так, если n = 150 (850–650 см⁻¹), RMSEC = 1,2 и RMSEP = 1,3 пункта.

Таким образом, ИК-спектроскопия в сочетании с методом ПЛС позволяет предсказывать ОЧИ автомобильных бензинов с RMSEP < 1,0 пункта. Дальнейшая оптимизация модели позволит улучшить результат предсказания ОЧ бензина по данным, полученным с помощью ИК-Фурье-спектроскопии.