

имеет плотность 0,744 кг/м³. Согласно результатам хроматографического анализа, Астраханский стабильный газовый конденсат состоит из линейных алканов – 43,3 % масс., ациклических изопреноидных алканов – 21,9 % масс., легких ароматических углеводородов – 18,8 % масс., легких нафтеновых углеводородов – 11,0 % масс. Кроме того, в сырье присутствуют серосодержащие соединения (2,49 % масс.). В результате фракционной перегонки получены дистилляты, а именно, бензиновая фракция газового конденсата (44,72 % об.), керосиновая фракция (15,86 % об.), фракция легких газойлей (20,6 % об.), кубовый остаток (13,88 % об.). Потери составили 3,89 % об. Содержание общей серы – 1,138 %, следовательно, согласно ОСТ 5158-79, исследуемый газоконденсат можно отнести к III классу, высокосернистому. Все дистиллятные фракции газового конденсата содержат

0,251–1,425 % масс. общей серы и оказывают коррозионное влияние на медную пластинку. Низкотемпературные показатели соответствуют заявленным требованиям к каждой из дистиллятных фракций и не требуют повышения температурной стойкости.

Таким образом, газовый конденсат Астраханского месторождения, согласно ОСТ 5158-79, имеет шифр ША2Н1Ф1, является высокосернистым. При транспортировке и переработке газоконденсата следует учитывать его высокую коррозионную активность и предпринимать соответствующий комплекс мер по защите технологического и транспортного оборудования. По содержанию парафинов во фракции 200–300 °С, газоконденсат после депарафинизации может быть рекомендован для получения реактивного и зимнего дизельного топлива, жидких n-парафинов.

Список литературы

1. Поляков Е.Е., Фёдорова Е.А., Стрекозин В.В., Никольникова Н.А., Лукьянова Е.А., Семёнова К.М., Тинакин О.В., Чашникова Л.В. //

Вести газовой науки. – 2017. – № 3 (31). – С. 141–150.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОТЕКАНИЯ РЕАКЦИЙ НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПИРОЛИЗА ЭТАНА

В. В. Козлов

Научный руководитель – к. т. н., доцент И. М. Долганов

Национальный исследовательский Томский Политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
uljakopicheva@mail.ru, kozlov.vlr@yandex.ru

Для повышения эффективности современных производств пиролиза применяются усовершенствованное управление технологическим процессом с применением подходов оптимизации в реальном времени. Для применения таких инструментов требуются быстродействующие математические модели происходящих процессов.

Особенности процесса [1] приводят к необходимости выполнения значительного количества расчетных итераций для получения требуемой точности решения, причем минимальный размер шага интегрирования, обеспечивающий заданную точность решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) [2] изменяется в зависимости от условий протекания процесса.

Для решения задачи в областях, характеризующихся высокими скоростями реакций, для обеспечения точности, сравнимой с менее напряженными участками реакционного змеевика обычно требуется снижать шаг интегрирования.

На модели описанной в [3] была проведена серия расчетных экспериментов, демонстрирующая различие быстродействия модели при различных условиях протекания реакций в случае использования для решения систем ОДУ метода Рунге-Кутты-Фельберга 5-го порядка [4] с адаптивным шагом интегрирования.

Выполнялись расчеты модельных змеевиков длиной 1000 м при разных температурах на входе в змеевик. Остальные параметры приняты одинаковыми для всех экспериментов и соответствуют этановому режиму работы одной из

действующих промышленных печей пиролиза. Параметры экспериментов представлены в Таблице 1.

Сравнивались скорости реакций в змеевиках, точность решения на каждой итерации (см. Рисунок 1 и Рисунок 2), а также количество итераций и время выполнения расчета (см. Таблицу 2).

Таким образом показано, что условия протекания реакций в змеевике значительно влияют

на требуемое для расчета количество итераций и, соответственно, затраченное на расчет машинное время.

Полученные результаты определяют одни из основных направлений дальнейшей работы над моделью – выбор более эффективного способа решения систем ОДУ и оптимизация кинетической модели для сокращения количества реакций при сохранении приемлемой точности.

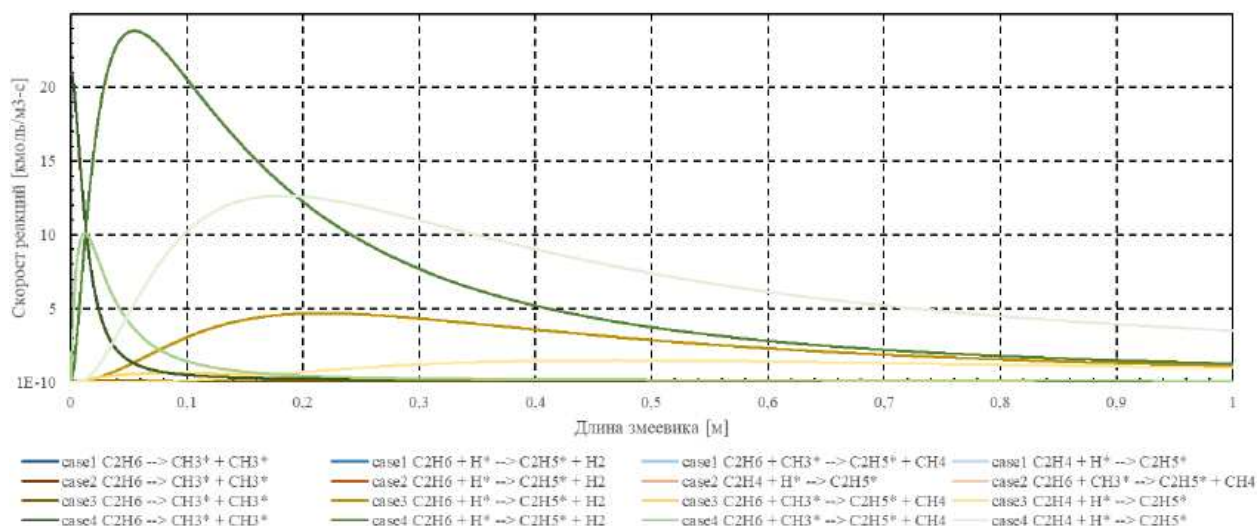


Рис. 1. Профили некоторых скоростей реакций

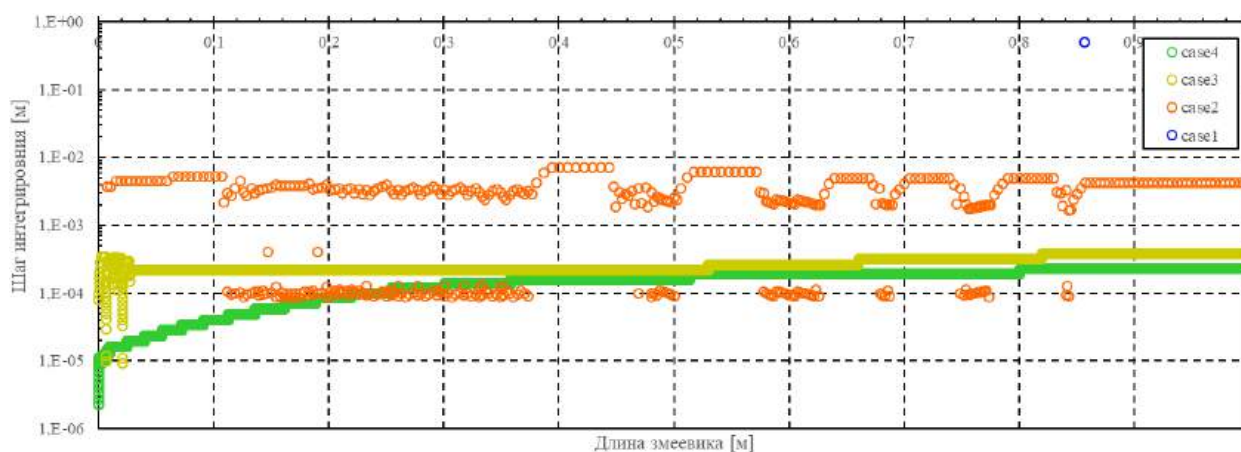


Рис. 2. Точность решения

Таблица 1. Параметры расчетных экспериментов

Номер эксперимента	Температура на входе в змеевик, К
1	800
2	1000
3	1200
4	1400

Таблица 2. Результаты расчетных экспериментов

Номер эксперимента	Средняя точность решения	Количество итераций, шт.	Время выполнения расчета, с
1	4,44E-13	3	0,4
2	2,93E-13	432	41,5
3	1,10E-12	3927	77,6
4	5,70E-13	11051	194,9

Список литературы

1. Dente M., Ranzi E., Goossens A.G. Detailed prediction of olefin yields from hydrocarbon pyrolysis through a fundamental simulation model (SPYRO®) // *Computers & Chemical Engineering*. – 1979. – Vol. 3. – P. 61–75.
2. Langtangen H.P. *Truncation error analysis*. – Oslo: University of Oslo, 2013. – 41. – p. 3.
3. Козлов В.В., Долганов И.М., Слободин С.С. Выбор численных методов решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений для быстродействующей модели пиролиза углеводородного сырья // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2024. – Т. 335. – № 1. – С. 202–211.
4. Fehlberg E. *Classical fifth-, sixth-, seventh-, and eight-order Runge–Kutta formulas with stepsize control*. – Huntsville : Nasa Technical Report NASA TR R-287, 1968. – 82 p.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ НА КОМПЛЕКСЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ И ЦЕОЛИТА ТИПА ZSM-5

Ю. С. Кокорина, И. А. Богданов, А. А. Алтынов, Д. В. Соснина
Научный руководитель – к.т.н., ассистент ОХИ ТПУ И. А. Богданов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
ysk14@tpu.ru

В контексте сырья для производства моторных топлив, растительные масла являются возобновляемыми ресурсами, что важно для снижения зависимости от нефти. Кроме того, производство и использование топлив из растительных масел может снизить выбросы CO₂, CO и других токсичных газов в атмосферу, что способствует общей борьбе с изменением климата [1].

В данной работе реализована переработка кукурузного, подсолнечного и рапсового масел на комплексе катализаторов гидроочистки и цеолитном катализаторе типа ZSM-5.

Переработка масел осуществлялась на лабораторной каталитической установке с проточным типом реактора на неподвижном слое катализатора. Технологические параметры: давление

7 МПа, температура 375 °С, объемная скорость подачи сырья 0,08 мл/мин, расход водорода 35 мл/мин. В реактор поочередно были загружены катализаторы в равных объемах (5 + 5 см³). Катализаторы размещались так, чтобы растительное масло сначала поступало на катализатор гидроочистки, после чего на цеолитный катализатор. Катализаторы предварительно прокаливали в течение 3-х часов в токе водорода при 375 °С.

В результате переработки растительных масел были получены жидкие продукты с содержанием воды от 16–18 % масс.

Групповой углеводородный состав продуктов каталитической переработки был определен с помощью хроматомасспектрометрического анализа на приборе «Хроматэк Кристалл 5000.2» с колонкой HP-1-MS (30 м; 0,25 мм;

Таблица 1. Групповой состав продуктов каталитической переработки растительных масел

Группа	Содержание, % масс.		
	Продукт из кукурузного масла	Продукт из подсолнечного масла	Продукт из рапсового масла
Изо-парафины	17,63	18,75	3,14
Н-парафины	7,58	5,95	3,47
Нафтенy	6,86	6,37	1,81
Олефины	2,23	2,31	1,99
Алкины	0,05	0,04	0,00
Ароматические УВ	48,27	48,58	68,31
Кислородсодержащие	2,33	2,31	1,45
Не идентифицированные	15,04	15,69	19,83