

## СИМПЛЕКСНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА УГЛЕВОДОРОДОВ

М. Д. МЕДВЕДЕВ

(Представлена научно-методическим семинаром органических кафедр  
химико-технологического факультета)

При исследовании процесса пиролиза углеводородов с использованием симплексного метода планирования постановка задачи сводится к тому, что варьируя тремя переменными ( $\alpha$  — температура на выходе из реактора,  $\beta$  — скорость подачи сырья и  $\gamma$  — степень разбавления водяным паром), находим функцию отклика ( $\eta$  — выход этилена) [1]

$$\eta = f(\alpha; \beta; \gamma).$$

В качестве примера приводим исследование процесса пиролиза фракции 180—350°C самотлорской нефти. Фракция получена при вакуумной разгонке нефти на АРН-2 и имеет следующие физико-химические характеристики:

выход	—32,8% вес;
молекулярный вес	—198;
плотность	—0,8541;
содержание парафиновых углеводородов	—47,8% вес;
содержание нафтеновых углеводородов	—21,8% вес;
содержание ароматических углеводородов	—30,4% вес.

Таблица 1

Основные уровни и интервалы варьирования  
параметров при исследовании  
фракции 180—350° С

Варьируемые параметры	Основ- ной уровень	Интер- валы варьи- рования
Температура на выходе из реактора, °С	780	30
Подача сырья, мл/мин	5	3
Разбавление водяным паром, % вес	50	20

Исходные уровни и интервалы варьирования параметров процесса подобраны по результатам исследований, описанных в литературе [2, 3, 4]. Следует отметить, что правильно подобранные исходные уровни и интервалы варьирования в 1,5—2 раза сокращают количество экспериментов, необходимых для отыскания параметров «этиленового» режима.

Для исследуемой фракции подобранные исходные уровни и интервалы варьирования

представлены в табл. 1.

В соответствии с матрицей исходного симплекса [1] планируем первую серию экспериментов. Эта серия показана в табл. 2, опыты 1, 2, 3, 4. За показатель качества процесса берется численное значение

выхода этилена в процентах на исходное сырье. По табл. 2 видим, что худший результат (выход этилена 14,9% вес) получен в первом опыте. Эта точка заменяется новой, представляющей собой ее «зеркальное отражение» относительно противоположной грани симплекса. Пятая точка с оставшимися (2, 3, 4) вновь образует правильный симплекс, центр тяжести которого направлен в сторону улучшения качества процесса. Шаговое восхождение продолжается до тех пор, пока наблюда-

Таблица 2

Матрица симплексного планирования экспериментов для фракции 180—350° С самотлорской нефти

№ пп.	Исходный симплекс	Отраженная точка	Температура, °С	Расход сырья мл/мин	Разбавление вод. паром, %	Выход этилена в % от исх. сырья
1	1, 2, 3, 4	—	795	5,9	54	14,9
2	1, 2, 3, 4	—	765	5,9	54	18,8
3	1, 2, 3, 4	—	780	3,3	51	21,3
4	1, 2, 3, 4	—	780	5,0	39	19,8
5	5, 2, 3, 4	1	755	4,6	43	20,2
6	5, 6, 3, 4	2	780	2,7	36	21,0
7	5, 6, 3, 7	4	765	2,2	51	25,5
8	5, 8, 3, 7	6	755	3,9	63	20,4
9	5, 6, 9, 7	3	755	2,9	34	21,3
10	10, 6, 3, 7	5	795	0,8	Технологичес. огранич.	
11	5, 6, 3, 11	7	780	5,0	37	20,3
12	5, 6, 3, 7	—	770	3,1	61	22,5
13	5, 6, 3, 7	—	770	3,1	61	23,0
14	5, 6, 3, 7	—	770	3,1	61	22,6
15	5, 6, 3, 7	—	770	3,1	61	22,2

ется рост качества процесса. Максимальный выход этилена получен в седьмом опыте после третьего отражения и равен 25,5% вес.

Найденному «этиленовому» режиму соответствуют следующие параметры:

температура на выходе из реактора, °С —765;  
 подача сырья, мл./мин. —2,2;  
 разбавление водяным паром, % вес. —51.

Итак, осуществляя движение по поверхности отклика, найдена «почти стационарная» область. Это предположение подтверждается экспериментами 8, 9, 10 и 11, которые были проведены после достижения экстремальной точки.

По опытам 12, 13, 14 и 15 найдено среднеарифметическое значение выходов этилена  $\bar{y}_0 = 22,8\%$  вес. Среднеквадратичное отклонение  $\sigma\{y\} = 0,3$ , таким образом, значение функции отклика в центре симплекса таково:

$$\bar{y}_0 = 22,8 \pm 0,3.$$

Ожидаемое значение ее, определяемое как среднеарифметическое по точкам последнего симплекса, составляет  $\bar{y}_c = 24,0\%$  вес. Разность

$\bar{y}_c - \bar{y}_0 = 24,0 - 22,8 = 1,2$  является мерой нелинейности функции отклика. Рассчитанный критерий Стьюдента  $t = 14,0$ , а найденный по таблицам [5]  $-t_\alpha = 3,182$ .

$$t > t_\alpha.$$

Необходимое для доказательства нелинейности поверхности отклика неравенство выполняется.

### Выводы

1. Применен метод симплексного планирования экспериментов при исследовании процесса пиролиза углеводородов.

2. Показано, что применение этого метода намного сокращает количество опытов при поиске оптимальных параметров «этиленового» режима.

3. Исследован процесс пиролиза фракции 180—350°C самотлорской нефти.

4. Найденному этиленовому режиму для данной фракции соответствуют следующие параметры:

температура на выходе из реактора	—765°C;
подача сырья	—2,2 мл/мин;
разбавление водяным паром	—51% вес.

5. При указанных условиях ведения процесса выход этилена составляет 25,5% весовых на исходное сырье, что говорит о фракции 180—350°C как о довольно хорошем сырье для пиролиза с целью получения моноолефинов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Горский, В. З. Бродский. Заводская лаборатория. 7—12, 831, 1965.
2. П. И. Лукьянов, А. Г. Басистов. Пиролиз нефтяного сырья. М., Гостоптехиздат, 1962.
3. Обзор зарубежной литературы, серия «Нефтехимия за рубежом», вып. 5. М., ЦНИИТЭнефтехим, стр. 3, 1971.
4. Н. Л. Барабанов. Тематические обзоры, серия «Нефтехимия за рубежом», М., ЦНИИТЭнефтехим, стр. 26, 1971.
5. Л. З. Румшинский. Математическая обработка результатов эксперимента, М., «Наука», 1971.