

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЛКИЛИРОВАНИЯ  
БЕНЗОЛА ОЛИГОМЕРАМИ БУТЕНА-1****Н.Ю.ЗЕЙНАЛОВ, И.К.АЛЛАХВЕРДИЕВ,  
Ф.Д.АЛИЕВА, Р.А.ГУСЕЙНОВА**  
*Бакинский Государственный Университет*

*Исследован процесс алкилирования бензола олигомерами бутена-1 методом планирования эксперимента в присутствии каталитического комплекса на основе хлорида алюминия. Установлено, что применение метода математического эксперимента позволило найти оптимальные условия реакции, при которых выход алкилата составляет 99-100% при вязкости алкилата при 100<sup>0</sup>С 8-12 мм<sup>2</sup>/с.*

В настоящее время проблема повышения качества смазочных масел и создание высокоэффективных присадок к ним является одной из актуальных проблем нефтехимии. Одним из перспективных направлений в области получения масел и присадок является замена нефтяного сырья на синтетическое [1].

Эффективным путем решения этой задачи может считаться получение для этой цели синтетических углеводородов- олигомеров низших олефинов (этилена, пропилена, бутиленов) и алкилароматических углеводородов на их основе с учетом наличия в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности [2-5] значительных ресурсов низших олефинов.

Нами был исследован процесс алкилирования бензола олигомерами бутена-1, полученными в присутствии катализатора AlCl<sub>3</sub>, взятого в количестве 1,05 · 10<sup>-3</sup> моль AlCl<sub>3</sub>/моль C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>. В качестве алкилирующих агентов были использованы различные фракции олигомеров бутена – 1 (C<sub>12</sub>-C<sub>16</sub>, C<sub>16</sub>-C<sub>20</sub>, C<sub>20</sub>-C<sub>32</sub>) в присутствии каталитического комплекса на основе хлорида алюминия, толуола и этилхлорида.

Методом планирования эксперимента, варьируя вышеупомянутые параметры процесса, была проведена оптимизация процесса алкилирования бензола олигомерами бутена-1 на примере фракции C<sub>20</sub>-C<sub>32</sub>. Изучено влияние количества каталитического комплекса, температуры и соотношения ароматического углеводорода к олигомеру бутена-1 на процесс алкилирования и свойства полученных алкилбензолов.

Для выбора оптимальных условий реакции алкилирования бензола олигомерами бутена-1 после проведения предварительных опытов были определены управляющие факторы реакции. Центр эксперимента и интервалы варьирования факторов представлены в таблице.

Таблица

### Центр эксперимента и интервалы варьирования

Факторы	Обозначения		Интервал варьирования	Уровни варьирования		
	натуральные	кодированные		-1	0	1
Концентрация катализатора, % AlCl <sub>3</sub> на олигомер бутена-1	C <sub>к</sub>	X <sub>1</sub>	1,5	2,0	3,5	5
Время реакции, мин.	τ	X <sub>2</sub>	50	10	60	110
Температура, °C	t	X <sub>3</sub>	20	50	70	90
Соотношение бензол: олигомер, моль	n	X <sub>4</sub>	1:1	1:1	1:2	1:3

В качестве функций отклика были выбраны:

y<sub>1</sub> - бромное число алкилата, 2Qr<sub>2</sub>/100 г. продукта;

y<sub>2</sub> - вязкость алкилата при 100<sup>0</sup>C (ν 100<sup>0</sup>C), мм<sup>2</sup>/с;

y<sub>3</sub> - выход алкилата (%).

Для определения приближенных зависимостей функций отклика от условий реакции был реализован полный факторный эксперимент 2<sup>4</sup>, объемом, равным 16 опытам. Кодированные значения факторов связаны с их естественными значениями следующими соотношениями:

$$x_1 = \frac{c_{kat} - 3,5}{1,5}, \quad x_2 = \frac{\tau - 60}{50},$$

$$x_3 = \frac{t^0 - 70}{20}, \quad x_4 = \frac{\frac{1}{n} - 2}{1}.$$

Методом регрессивного анализа REGAN были определены численные оценки коэффициентов регрессии. Приближенные зависимости функций отклика от технологических факторов имеют следующий вид [6]:

$$y = \sum_{i=0}^4 b_i x_i + \sum_{i < j}^4 \sum_{j=1}^4 b_{ij} x_i x_j$$

$$y_1 = 3,30 - 2,50x_1 + 2,32x_2 - 2,53x_4$$

$$y_2 = 12,24 + 0,31x_1 + 0,34x_2 - 1,13x_3 - 2,5x_4 - 0,35x_1x_3 + 1,62x_1x_4$$

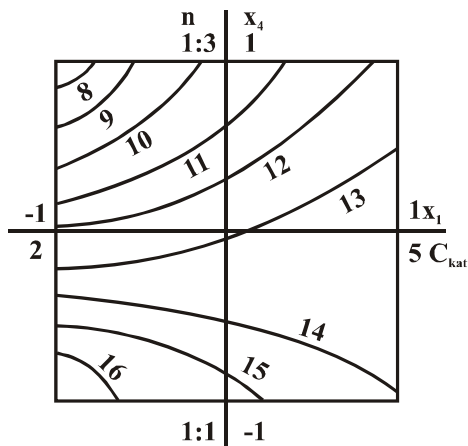
$$y_3 = 94,60 + 5,8x_1 - 4,8x_4 + 4,4x_1x_4$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что с точностью до ошибки воспроизводимости эксперимента функции отклика y<sub>1</sub> - бромное число и y<sub>3</sub> - выход алкилата в данном интервале не зависят от факторов x<sub>2</sub> - времени реакции и x<sub>3</sub> - температуры реакции.

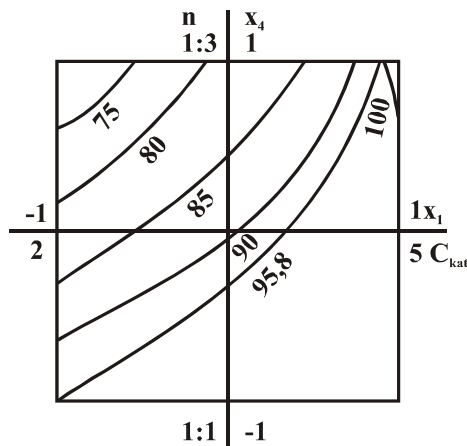
Задача определения оптимальной области реакции формулировалась следующим образом: определим условия реакции, при которых выход алкилата y<sub>3</sub> достигает максимума при значениях вязкости алкилата V<sub>100<sup>0</sup></sub> в пределах 8-12, т.е. 8 ≤ y<sub>2</sub> ≤ 12.

Для решения этой задачи были построены контурные линии функций

отклика  $y_3$  и  $y_2$  при сочетаниях значений факторов  $x_2 = \pm 1$ ,  $x_3 = \pm 1$  и  $x_2 = x_3 = 0$  (рис. 1,2).



**Рис.1** . Контурные линии поверхности отклика  $y_2=f(x_1,x_4)$  – вязкость алкилата при 100°C ( $x_2=x_3=0$ )



**Рис. 2** . Контурные линии поверхности отклика  $y_3=f(x_1,x_4)$ - выход алкилата ( $x_2=x_3=0$ )

Аналогично были анализированы функции  $y_2 = f(x_1, x_4)$  при условиях ( $x_2=1, x_3=1$ ) и ( $x_2=-1, x_3=1$ ).

Анализ контурных диаграмм показывает, что оптимальными являются значения  $x_2=1, x_3=1$ , т.е. продолжительность реакции  $\tau = 110$  мин. и температура т. 90°C, при которых  $y_2$  находится в требуемой области.

Сравнение этой контурной диаграммы с контурной диаграммой функции отклика позволило найти оптимальное значение фактора  $x_1=1$ , т.е.  $C_{кат.}=5\%$ . При этом фактор  $x_4$  может принимать любое значение в диапазоне  $(-1, 0)$ , т.е.  $n = 1:2 \div 2,2$ .

Таким образом, применение метода математического планирования эксперимента позволило установить оптимальные условия реакции алкилирования бензола олигомерами бутена-1, при которых выход алкилата составляет 99-100% при вязкости алкилата при 100°C 8-12 мм<sup>2</sup>/с и получить приближенные зависимости выхода и вязкости алкилата от условий реакции, позволяющие расчетным путем выявить результаты отдельных опытов в зависимости от условий их проведения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Виппер А.Б., Выленкин А.В., Гайснер Д.А. Зарубежные масла и присадки. Справочник М., Химия, 1981, 192 с.
2. Агакишиева М.Я., Асланов Э.С., Зейналов Н.Ю. А.С. (СССР) по заявке № 4694749/04 от 23.04.90. способ получения олигомеров бутена-1
3. Сажин С.Г. Управление процессом алкилирования бензола. Нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки. Нижний Новгород 10-14 февраля 2003 г.
4. Пат. Австралия. 199886110, МЛК<sup>6</sup> С 10 G 035/04. Улучшенный процесс олигомеризации n-бутенов, 2002, РЖХ, 2004, 04-10-19 Н. 174 п.

5. Пат. США. 6335473, МПК<sup>7</sup>С 07С 41/01, Способ проведения экзотермических реакций, 2002, РЖХ, 2004, 04.03- 19 Н. 166 н.
6. Вернен Г., Шалон М. ЭВМ помогает химии Л., Химия, 1990, 53 с.

**BENZOLUN BUTEN-1 OLİQOMERLƏRİ  
İLƏ ALKİLLƏŞMƏSİ PROSESİNİN TƏDQIQI**

**N.Y.ZEYNALOV, İ.K.ALLAHVERDİYEV,  
F.D.ƏLİYEVƏ, R.Ə.HÜSEYNOVA**

**XÜLASƏ**

Təcrübənin planlaşdırılması metodu ilə alüminium xlorid əsasında hazırlanmış katalitik kompleks iştirakında benzolun buten-1 oliqomerləri ilə alkilləşməsi prosesi tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, riyazi metodların tətbiqi əsasında 100<sup>o</sup>S-də kinematik özlüyü 8-12 mm<sup>2</sup>/s olan alkilatların çıxımını 99-100% həddinə çatdırmağa imkan verən optimal şəraiti təyin etmək mümkündür.

**INVESTIGATION OF PROCESS OF ALKYLATION OF  
BENZENE BY OLIGOMERS OF BUTENE-1**

**N.Y.ZEYNALOV, I.K.ALLAHVERDIEV,  
F.D.ALIEVA, R.A.HUSEYNOVA**

**SUMMARY**

Process of alkylation of benzene by oligomers of butene-1 is investigated by method of planning of experiment in presence of catalytic complex on the base of aluminum chloride.

It is established, that application of method of mathematic planning of experiment had allowed to find optimal conditions of reaction, as a result of which yield of alkylate approximately equals 99%.