

А. Т. Галимова, А. А. Сагдеев, Ф. М. Гумеров

## РАСТВОРИМОСТЬ АЦЕТОФЕНОНА И МЕТИЛФЕНИЛКАРБИНОЛА В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА

*Ключевые слова:* оксид алюминия активный, растворимость, ацетофенон, метилфенилкарбинол, сверхкритический диоксид углерода, уравнение Пенга – Робинсона, три подгоночных параметра

*Проведены измерения растворимости ацетофенона, метилфенилкарбинола при изотермах 320 К, 325 К, 330 К в диапазоне давлений 12 ÷ 26 МПа в сверхкритическом диоксиде углерода. Проведено описание растворимости с использованием уравнения Пенга – Робинсона и трех подгоночных параметров.*

*Keywords:* active aluminum oxide, solubility, acetophenone, methyl phenyl carbinol, supercritical carbon dioxide, Peng – Robinson equation of state, three adjustment parameters.

*The solubility of acetophenone and methyl phenyl carbinol on isotherms 320 K, 325 K, 330 K over the range of pressure 12 ÷ 26 MPa in supercritical carbon dioxide is measured. The solubility is described using Peng – Robinson equation of state and three adjustment parameters.*

### Введение

Оксид алюминия активный применяется на ОАО «Нижнекамскнефтехим» в качестве катализатора процесса получения стирола дегидратацией метилфенилкарбинола.

По мере протекания реакции катализатор загрязняется продуктами реакции, в результате происходит снижение его активности [1].

Хроматографический анализ экстракта катализатора оксид алюминия активный показал состав дезактивирующих веществ (табл. 1).

**Таблица 1 - Состав веществ, дезактивирующих катализатор**

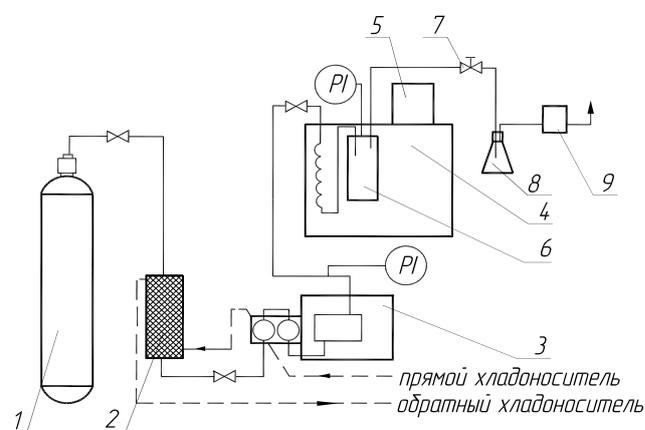
Наименование	Содержание, % масс
стирол	19,63
метилстирол	16,44
ацетофенон	6,54
метилфенилкарбинол	28,22
фенол	16,89
прочее	12,28

Авторами ранее уже было проведено исследование растворимости стирола в сверхкритическом диоксиде углерода (СК  $\text{CO}_2$ ) [2]. Предметом данного исследования является измерение растворимости ацетофенона и метилфенилкарбинола при изотермах 320 К, 325 К, 330 К в диапазоне давлений 12 ÷ 26 МПа

### 1. Экспериментальная часть

Исследование растворимости осуществлялось на экспериментальной установке, представленной на рис. 1, которая защищена патентом РФ на полезную модель [3].

Установка состоит из жидкостного насоса высокого давления марки «LIQUPUMP 312/1», обеспечивающего фиксированную подачу растворителя в пределах 0,01 ÷ 9,99 мл/мин и создающего давление до 30 МПа. Расход задается на панели управления насоса с точностью 0,01 мл/мин, давление системы контролируется двумя манометрами (на выходе из насоса и непосредственно в ячейке).



**Рис. 1 - Схема экспериментальной установки для исследования растворимости веществ в сверхкритическом  $\text{CO}_2$ : 1 – баллон с углекислотой; 2 – низкотемпературный теплообменник; 3 – жидкостной насос; 4 – термостатическая ванна; 5 – нагреватель; 6 – экстракционная ячейка; 7 – дросселирующее устройство; 8 – сборник экстракта; 9 – газовый расходомер**

Хладоноситель, циркулируя через рубашку охлаждения насоса и межтрубное пространство низкотемпературного теплообменника, охлаждает диоксид углерода до температуры 258 К, тем самым сжижает его, что обеспечивает корректную работу насоса. Температура, создаваемая холодильным агрегатом, контролируется с помощью хромель-копелевой термопары, установленной в низкотемпературном теплообменнике.

Экстракционная ячейка помещается в термостатическую ванну, что позволяет проводить эксперимент при постоянной температуре. Помимо терморегулятора, вмонтированного во внутрь термостатической ванны, позволяющего управлять температурой с точностью  $\pm 1$  °С, температура в термостатической ванне контролируется ртутным термометром. В ходе экспериментов использовалась экстракционная ячейка объемом 120 мл. Перед сборником экстракта установлено дросселирующее устройство, проходя через которое давление сверхкритического раствора снижается до атмосферного.

Расход газа после сборника экстракта измеряется газовым расходомером.

Для исключения влияния погрешности, связанной с неравновесной концентрацией сверхкритического раствора, проведены предварительные эксперименты по определению зависимостей концентрации веществ от расхода СК  $\text{CO}_2$  и уровня заполнения измерительной ячейки. На основе полученных результатов установлены параметры, поддерживаемые в ходе основных экспериментов.

## 2. Результаты и обсуждение

Результаты экспериментального измерения растворимости ацетофенона и метилфенилкарбинола представлены в табл. 2.

**Таблица 2 - Растворимость ацетофенона и метилфенилкарбинола**

Ацетофенон			
$P$ , МПа	$T = 320$ К	$T = 325$ К	$T = 330$ К
	$y$ , мол. доли	$y$ , мол. доли	$y$ , мол. доли
12	0,0814	0,0842	0,0871
15	0,0851	0,0884	0,0900
18	0,0893	0,0941	0,1004
20	0,0950	0,1043	0,1161
22	0,1011	0,1174	0,1236
24	0,1093	0,1200	0,1263
26	0,1151	0,1271	0,1302
Метилфенилкарбинол			
$P$ , МПа	$T = 320$ К	$T = 325$ К	$T = 330$ К
	$y$ , мол. доли	$y$ , мол. доли	$y$ , мол. доли
12	0,0172	0,0072	0,0014
15	0,0205	0,0125	0,0079
18	0,0293	0,0265	0,0225
20	0,0386	0,0433	0,0531
22	0,0497	0,0652	0,0803
24	0,0600	0,0803	0,0943
26	0,0684	0,0979	0,1205

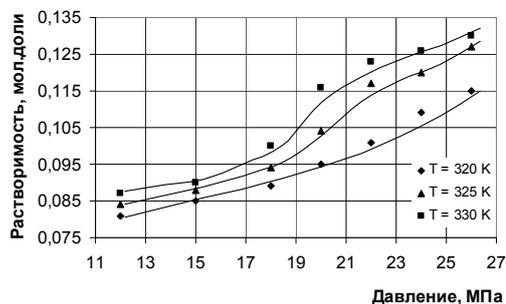
Кроме того, проведено описание растворимости ацетофенона и метилфенилкарбинола согласно уравнению состояния Пенга – Робинсона, приведенного в работе [4]. В табл. 3 представлены параметры бинарного взаимодействия ( $\sigma_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\gamma_{ij}$ ) и

**Таблица 3 - Параметры бинарного взаимодействия**

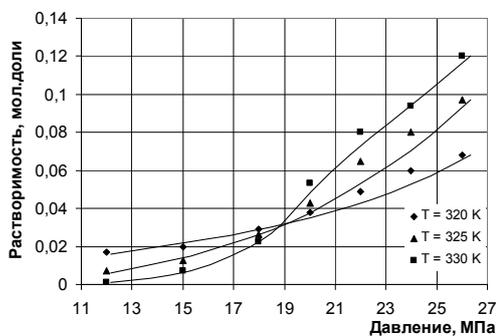
Ацетофенон					
	$T = 320$ К		$T = 330$ К		
$\sigma_{ij}$	1,1874	$\sigma_{ij}$	1,7499	$\sigma_{ij}$	1,4999
$\beta_{ij}$	1,0585	$\beta_{ij}$	1,2512	$\beta_{ij}$	1,2547
$\gamma_{ij}$	1,0809	$\gamma_{ij}$	1,6542	$\gamma_{ij}$	1,7030
$\Delta$	0,0131	$\Delta$	0,0062	$\Delta$	0,0256
Метилфенилкарбинол					
	$T = 320$ К		$T = 330$ К		
$\sigma_{ij}$	0,4126	$\sigma_{ij}$	1,0386	$\sigma_{ij}$	1,3622
$\beta_{ij}$	0,6670	$\beta_{ij}$	1,8831	$\beta_{ij}$	0,8675
$\gamma_{ij}$	0,0000	$\gamma_{ij}$	0,0027	$\gamma_{ij}$	0,0039
$\Delta$	0,0073	$\Delta$	0,1091	$\Delta$	0,0428

© А. Т. Галимова – ст. препод. каф. техники и физики низких температур НХТИ (филиала) КНИТУ, tukhvatova-albinka@mail.ru; А. А. Сагдеев – канд. техн. наук, зав. каф. техники и физики низких температур, декан механического факультета НХТИ (филиала) КНИТУ, sagdeev\_aa@mail.ru; Ф. М. Гумеров – док. техн. наук, проф., зав. каф. теоретических основ теплотехники КНИТУ.

среднеквадратичная погрешность ( $\Delta$ ) при различных температурах. На рис. 2 – 3 приведены зависимости растворимости ацетофенона и метилфенилкарбинола в сверхкритическом диоксиде углерода от давления при изотермах 320 К, 325 К, 330 К.



**Рис. 2 - Растворимость ацетофенона в СК  $\text{CO}_2$  по результатам экспериментальных исследований и описания растворимости согласно уравнению состояния Пенга – Робинсона**



**Рис. 3 - Растворимость метилфенилкарбинола в СК  $\text{CO}_2$  по результатам экспериментальных исследований и описания растворимости согласно уравнению состояния Пенга – Робинсона**

## Заключение

Получены новые данные растворимости ацетофенона и метилфенилкарбинола в сверхкритическом диоксиде углерода при изотермах 320 К, 325 К, 330 К в диапазоне давлений 12 ÷ 26 МПа. Определены параметры бинарного взаимодействия. Проведено описание растворимости с использованием уравнения Пенга – Робинсона и трех подгоночных параметров.

## Литература

1. Галимова А.Т. Вестник Казан. технол. ун-та. Том 16, №1. 2013, с. 44 – 47
2. Галимова А.Т. (Тухватова) Вестник Казан. технол. ун-та. 2010, №8 с. 51 –54
3. Патент на полезную модель РФ № 99340 опубл. 20.11.2010
4. Галимова А.Т. (Тухватова) Сверхкритические флюиды: теория и практика. Том 5. №4. 2010, с. 43 – 64