

УДК 66.02.539.215.9:621.929

**К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ****Ревенко С. А., Багринцев И. И., Табунщиков В. Г., Карпюк Л. В.****THE QUESTION INTENSIFICATION OF CHEMICAL GAS-PHASE PROCESSES****Revenko S. A., Bagrintsev I. I., Tabunschikov V. G., Karpyuk L. V.**

*В статье рассмотрены пути повышения эффективности каталитических газофазных процессов. На примере глубокого окисления уксусной кислоты в условиях аэрозольного катализа показана целесообразность использования импульсной подачи воздуха в надслоевое пространство каталитического реактора*

**Ключевые слова:** катализ, инерт, псевдооживление, однородность, катализатор, реагент, окисление.

**1. Введение.** Гетерогенный катализ является одним из путей интенсификации газофазных процессов. Вследствие активизации молекул реагентов при взаимодействии с поверхностью твердого катализатора химические реакции протекают более интенсивно.

Наибольшее распространение в промышленности получили реакторы с неподвижным гранулированным или таблетированным слоем катализатора. Обычно катализаторы имеют пористую структуру, что способствует их активности. Реагирующие компоненты обычно пропускают через слой катализатора снизу вверх.

**2. Изложение основного материала.** Для осуществления ряда химических газофазных процессов используют реакторы с движущимся (восходящим) катализатором, в которые постоянно подается свежий катализатор, а отработанный поступает на регенерацию. Развитая поверхность катализатора определяет его активность, поэтому в процессе используют мелкодисперсный катализатор. Однако, в такой форме порошок, как правило, склонен к агломерации, что снижает активность такого катализатора. Для предотвращения его комкования реактор заполняют инертным зернистым сыпучим материалом (далее инерт), который в процессе проведения газофазных химических реакций находится в псевдооживленном состоянии. Затем через кипящий слой инерта продувают реагирующие вещества и мелкодисперсный катализатор [1]. Соударение и трение частиц инертного материала способствует увеличению поверхности катализатора за счет разрушения агломератов и дальнейшего дробления частиц, что приводит к его активации [2]. В таких реакторах важным фактором является однородность

(без образования пузырей и поршней) псевдооживления инерта и интенсивное движение его частиц относительно друг друга. Для этого используют импульсное псевдооживление, которое обеспечивается подачей газа снизу в реактор двумя потоками, один из которых подается импульсно [3].

Воздух, подаваемый импульсно под газораспределительную решетку (его доля составляет порядка 50% общего расхода) поступает в реактор с температурой ниже оптимальной. Это связано с конструктивными особенностями импульсной аппаратуры. Вследствие этого температура в нижней части реактора снижается и только в процессе прохождения воздуха вверх через слой инерта он нагревается за счет тепла реакции, что снижает эффективность использования высоты слоя инерта в реакторе. Этот недостаток предлагается исключить за счет подачи импульсного потока воздуха в надслоевое пространство реактора. При этом достигается требуемая однородность псевдооживления инерта, интенсивное движение его частиц относительно друг друга, что обеспечивает их трение и соударение.

Экспериментальные исследования предложенного технического решения проводились на лабораторной установке, принципиальная технологическая схема которой представлена на рис. 1.

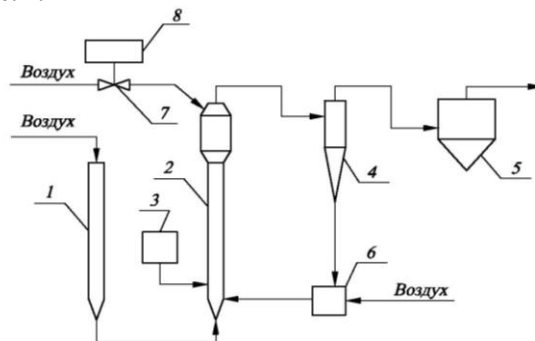


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки:  
1 – воздухоподогреватель; 2 – реактор; 3 – дозатор окисляемого вещества; 4 – циклон; 5 – фильтр;  
6 – дозатор мелкодисперсного катализатора;  
7 – электромагнитный клапан;  
8 – генератор частоты импульсов.

Основным аппаратом являлся реактор аэрозольного катализа (рис. 2), внутренний диаметр которого составлял 50 мм, а высота – 1500 мм.

В качестве инертного зернистого материала использован кварцевый песок с эквивалентным диаметром 0,7 мм. Высота слоя инерта составляла 1000 мм. Псевдоожижение инерта осуществлялось воздухом. Воздух в реактор поступал двумя потоками, один из которых с постоянным расходом направлялся под газораспределительную решетку, а второй импульсно подавался в надслоевое пространство.

Как показали исследования гидродинамики псевдоожиженного инертного материала, расход воздуха, подаваемого под газораспределительную решетку, составил 2,6 мм<sup>3</sup>/час, что соответствует скорости газа  $W=0,83$  м/с при рабочих условиях ( $P=1,4$  атм,  $T=600^{\circ}\text{C}$ ). Импульсная подача воздуха в надслоевое пространство реактора осуществлялась с расходом порядка  $3\text{ м}^3/\text{час}$  ( $P=1,25$  атм,  $T=20^{\circ}\text{C}$ ) с частотой 3 Гц и длительностью импульса 0,15 с.

Эффективность предлагаемого решения исследовалась при окислении уксусной кислоты (80%) в условиях аэрозольного катализа [4]. Катализатор вводился в кипящий слой инерта с помощью эжекционного дозатора. В качестве катализатора использовался оксид железа III с исходным размером частиц 100-200 мкм. Окисляющим реагентом являлся кислород воздуха. Реакционные газы с частицами катализатора выводились из реактора, обеспыливались и направлялись далее по технологической линии, а катализатор поступал в рецикл. Эффективность окисления оценивалась по содержанию в выходящих газах ди- и монооксида углерода.

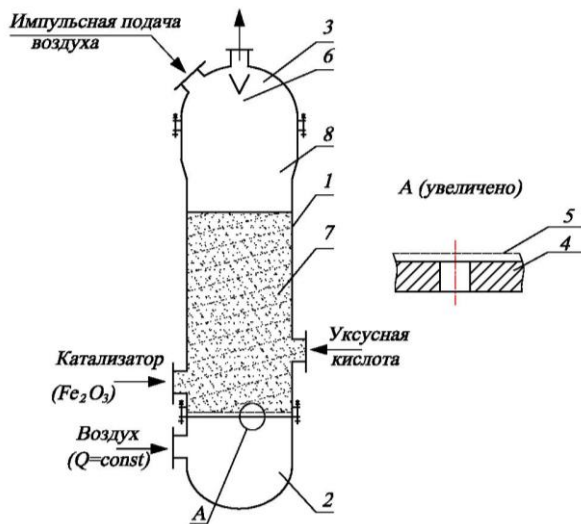


Рис. 2. Схема реактора:

- 1 – реакционная камера; 2 – камера охлаждающего газа; 3 – крышка; 4 – газораспределительная решетка;
- 5 – сетка; 6 – отбойник; 7 – инертный зернистый материал; 8 – надслоевое пространство

**3. Результаты исследований.** Результаты экспериментов приведены в таблице 1 и на рис. 3. для сравнения приведены также результаты аналогичных исследований при импульсной подаче воздуха под газораспределительную решетку [3].

Таблица 1

Результаты исследования эффективности процесса окисления уксусной кислоты

№ пп	Расход воздуха, мм <sup>3</sup> /час		Расход уксусной кислоты, г/час	Расход катализатора, г/час	Степень окисления, %	Расход катализатора на единицу окисляемого вещества, г <sub>кат</sub> / г <sub>орг</sub>	
	Постоянная подача	Импульсная подача					
							под газораспределительную решетку
1.	2,68		2,94	372,1	45,2	100	0,121
2.	2,68		2,94	582,3	45,2	100	0,078
3.	2,68		2,94	665,4	45,2	100	0,068
4.	2,68		2,94	760,8	45,2	100	0,059
5.	2,68		2,94	857,0	45,2	97,9	0,053
6.	2,68		2,94	910,8	45,2	92,7	0,050
7.	2,68		2,94	1030,3	45,2	91,3	0,044
8.	2,68		2,94	1100,2	45,2	86,0	0,041
9.	2,08	2,3		195,1	36,9	100	0,189
10.	2,08	2,3		252,0	36,9	100	0,146
11.	2,08	2,3		419,7	36,9	100	0,088
12.	2,08	2,3		617,0	36,9	96,3	0,060
13.	2,08	2,3		700,0	36,9	90,0	0,057
14.	2,08	2,3		800,0	36,9	82,0	0,046
15.	2,08	2,3		884,8	36,9	70,8	0,042

В таблице приведены средние значения расходов воздуха, катализатора и уксусной кислоты.

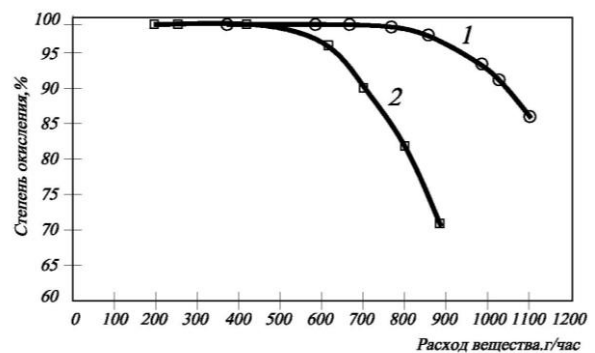


Рис. 3. Зависимость степени окисления 80% водного раствора уксусной кислоты от его расхода при импульсной подаче воздуха:  
1 – в надслоевое пространство;  
2 – под газораспределительную решетку.

Как видно из полученных данных, использование импульсной подачи воздуха в надслоевое пространство реактора позволяет при постоянной высоте слоя инертного материала повысить производительность лабораторной модели

каталитического реактора примерно в 1,8 раза и при этом снизить удельный расход катализатора в 1,5 раза (опыты 4,11).

**4. Выводы.** Таким образом предложенное техническое решение позволяет обеспечить однородность псевдооживленного слоя зернистого инертного материала, исключить агломерацию мелкодисперсного катализатора, осуществить его регенерацию непосредственно в зоне катализа за счет механохимической активации.

#### Л и т е р а т у р а

1. Гликин М. А. Аэрозольный катализ // Теоретические основы химической технологии. – 1996. - Т. 30, № 4. - С. 430-434.
2. Активация минералов при измельчении / [Молчанов В. И. и др.] . - М. : Недра, 1988. – 208 с.
3. К вопросу оптимизации параметров псевдооживления твердых частиц / С. А. Ревенко, Д. А. Кутакова, М. А. Гликин [та ін.] // Вісник Східноукраїнського національного університету ім.В. Даля. — 2012. — № 15 (186), ч. 2. — С. 82—87.
4. Аэрозольный катализ. Возможности, проблемы, решения / М. А. Гликин, Д. А. Кутакова, Е. М. Принь, Е. В. Фурсов // Химическая промышленность. - 1999. - № 3. - С.15 -21.

#### R e f e r e n c e s

1. Glikin M. A. Ajerazol'nyj kataliz // Teoreticheskie osnovy himicheskoi tehnologii. – 1996. - Т. 30, № 4. - S. 430-434.
2. Aktivacija mineralov pri izmel'chenii / [Molchanov V. I. i dr.] . - M. : Nedra, 1988. – 208 s.
3. K voprosu optimizacii parametrov psevdoozhizhenija tverdyh chastic / S. A. Revenko, D. A. Kutakova, M. A. Glikin [ta in.] // Visnik Shidnoukraïns'kogo naciona-l'nogo universitetu im.V. Dalja. — 2012. — № 15 (186), ch. 2. — S. 82—87.
4. Ajerazol'nyj kataliz. Vozmozhnosti, problemy, reshenija / M. A. Glikin, D. A. Kutakova, E. M. Prin', E. V. Fursov // Himicheskaja promyshlennost'. - 1999. - № 3. - S.15 -21.

**Ревенко С. А., Багрінцев І. І., Табуншіков В. Г., Карпюк Л. В.** До питання інтенсифікації хімічних газофазних процесів

*У статті розглянуті шляхи підвищення ефективності каталітичних газофазних процесів. На прикладі глибокого окиснення оцтової кислоти в умовах аерозольного каталізу показана доцільність використання імпульсної подачі повітря в надшаровий простір каталітичного реактора.*

**Ключові слова:** катализ, инерт, псевдозрідження, однорідність, катализатор, реагент, окислення.

**Revenko S. A., Bagrintsev I. I., Tabunschikov V. G., Karpyuk L. V.** The question intensification of chemical gas-phase processes.

*The article describes the ways to improve the gas-phase catalytic processes. On the example of deep oxidation of acetic acid in aerosol catalysis shows the feasibility of using pulsed feed air into the space above the layer catalytic reactor.*

**Key words:** catalysis, inert, fluidization, uniformity, catalyst, reagent, oxidation.

**Ревенко Станіслав Антонович** - к.т.н, с.н.с., доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)  
**Багрінцев Іван Іванович** - к.т.н, доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)

**Табуншіков Володимир Георгійович** - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)  
**Карпюк Людмила Вікторівна** - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)

**Рецензент:** Суворін О. В. - д.т.н., доцент

Стаття подана 04.11.2013