

УДК 66.02.539.215.9:621.929

## К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ КАТАЛИЗАТОРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ревенко С. А., Архипов А. Г., Багринцев И. И., Карпюк Л. В., Галабурда Н. И.

## TO THE ORGANIZATION OF RECYCLING OF THE CATALYST DURING CHEMICAL GAS PHASE PROCESS

Revenko S. A., Arhipov A. G., Bagrintsev I. I., Karpyuk L. V., Galaburda N. I.

В статье рассмотрены основные недостатки использования всасывающей системы пневмотранспорта при организации рециркуляции пылевидного катализатора при проведении химических газофазных процессов. На примере глубокого окисления уксусной кислоты кислородом воздуха в условиях аэрозольного катализа показана целесообразность использования в данном случае напорной системы.

**Ключевые слова:** катализ, рециркуляция, псевдооживление, окисление, аэрозольный катализатор, газофазные процессы.

**Введение.** Для осуществления химических газофазных процессов используют реакторы с движущимся потоком пылевидного катализатора. Однако в такой форме катализатор склонен к комкованию, что снижает его активность. Для предотвращения комкования катализатора реактор заполняют инертным сыпучим материалом (стеклянными шариками или кварцевым песком), который находится в псевдооживленном состоянии в аппарате, в который снизу вводят, а сверху выводят мелкодисперсный катализатор [1].

**Изложение основного материала.** Пылевидный катализатор после реактора отделяется от реакционных газов и снова направляется в реактор. Но поскольку давление в нижней части реактора значительно выше, чем в аппаратах системы улавливания, то для организации его рециркуляции используют пневматические питатели, где этот перепад давления удается преодолеть за счет подачи в питатель дополнительного сжатого газа, который затем вместе с катализатором поступает в реактор. Таким образом организуется всасывающая система рецикла катализатора [2].

Такой способ организации рецикла приводит к увеличению расхода газа, поступающего в реактор, который, как показывает опыт работы таких установок, в 1,5-2 раза превышает его затраты, необходимые для оптимального ведения процесса в

аппаратах с кипящим слоем. Вследствие этого увеличивается скорость движения парогазовых потоков через реактор, в результате чего нарушается однородность псевдооживления инерта, сокращается время пребывания реагентов в реакционной зоне и, как следствие, снижается степень их химических превращений. Увеличенный расход газа, проходящего через реактор, требует, кроме того, дополнительного расхода энергии на его нагревание до температуры ведения процесса.

Учитывая это, предложен способ организации рецикла пылевидного катализатора при проведении аэрозольного катализа без увеличения расхода газа, проходящего через реактор. Он заключается в том, что улавливание катализатора и организация его рециркуляции в технологической схеме процесса осуществляется под давлением большим, чем давление в реакторе в месте ввода в него пылевидного катализатора. Схема установки с использованием предложенного технического решения представлена на рис. 1.

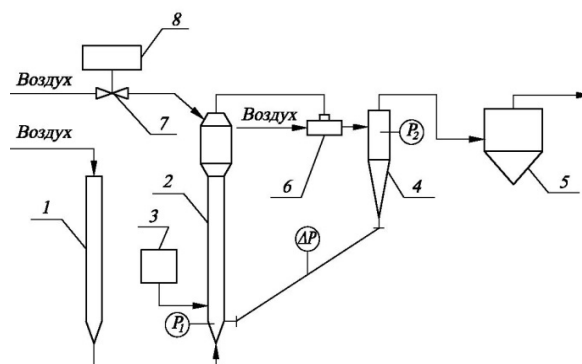


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:  
1 – воздухоподогреватель; 2 – реактор; 3 – дозатор окисляемого вещества; 4 – циклон; 5 – фильтр;  
6 – эжектор; 7 – электромагнитный клапан;  
8 – генератор частоты импульсов

Повышение давления в системе улавливания катализатора достигается за счет использования эжектора, установленного на линии выхода запыленных реакционных газов после реактора, и подачи дополнительно в его сопло сжатого воздуха или уже очищенных сжатых реакционных газов. Расход газов принимают таким, чтобы выполнялось условие

$$P_2 \geq P_1 = \Delta P,$$

где  $P_1$  – давление в реакторе в месте ввода пылевидного катализатора;

$P_2$  – давление в циклоне;

$\Delta P$  – сопротивление линии рецикла.

В этих условиях запыленные реакционные газы, выходящие из верхней части реактора, смешиваются в эжекторе с газом, подаваемым в его сопло, и поступают в циклон. Отсюда основная часть этой смеси направляется на очистку и дальнейшую переработку. Часть же газового потока из циклона движется в нижнюю часть реактора, транспортируя уловленный катализатор. Таким образом организуется напорная система пневмотранспорта пылевидного катализатора, благодаря чему осуществляется его надежная рециркуляция в технологическом процессе.

Экспериментально установлено, что расход газа, возвращаемого в реактор с катализатором, составляет до 10% расхода газа, используемого для псевдооживления инертного сыпучего материала, и поэтому практически не влияет на гидродинамику в реакторе, а, следовательно, и на процесс взаимодействия реагентов.

Предложенное техническое решение было проверено в процессе окисления 80%-го водного раствора уксусной кислоты кислородом воздуха в реакторе проточного типа [3] с внутренним диаметром 0,05 м и высотой 1 м. В качестве инертного материала использовались стеклянные шарики диаметром 1,0-1,5 мм, а катализатором служил оксид железа  $Fe_2O_3$  дисперсностью не более 10 мкм. Расход катализатора составлял 20 г/час. Процесс глубокого окисления проводился при температуре  $600 \pm 20^\circ C$ . Степень окисления уксусной кислоты определялась путем аналитического контроля отходящих газов.

**Результаты исследований.** Результаты экспериментов представлены в таблице и на рис. 2, где для лучшей демонстрации эффективности использования предложенного технического решения приведены сравнительные данные с использованием всасывающей системы рецикла катализатора [2].

Таблица  
Окисление 80% водного раствора уксусной кислоты в присутствии катализатора  $Fe_2O_3$  при  $600^\circ C$

№ п/п	Тип системы рецикла катализатора	Потери газа		Количество газа, возвращаемого в реактор с катализатором, $nm^3/час$	Количество газа, поступающего в реактор, $nm^3/час$	Расход сырья, г/час	Степень окисления, %
		На псевдооживление	На эжекцию				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	65,3	100
2	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	72,8	100
3	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	81,5	100
4	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	95,6	100
5	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	105,6	100
6	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	117,2	100
7	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	126,1	100
8	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	133,3	100
9	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	162,1	100
10	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	188,6	98,4
11	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	310,2	95,2
12	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	408,7	94,7
13	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	550,1	80,0
14	напорная	2,93	5,1	0,18	3,11	600,0	86,2
15	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	64,2	100
16	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	75,1	100
17	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	88,4	100
18	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	95,9	100
19	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	116,6	100
20	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	122,0	100
21	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	162,7	92,3
22	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	354,0	81,0
23	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	471,4	70,5
24	всасывающая	0,2	5,1	0	5,3	492,1	72,5

Примечание. В таблице приведены средние значения контролируемых параметров.

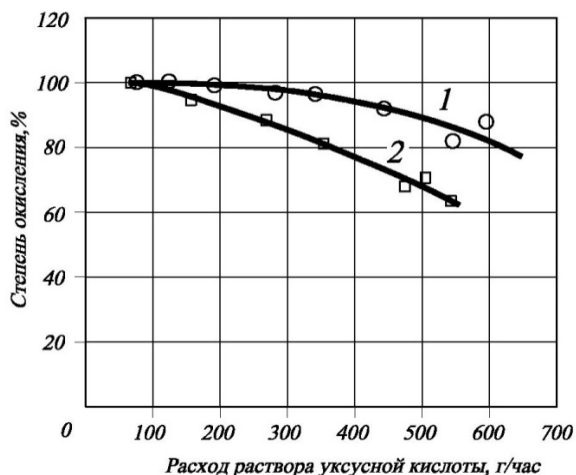


Рис. 2. Зависимость степени окисления 80% водного раствора уксусной кислоты от его расхода при использовании:

- 1 – напорной системы рецикла катализатора;  
2 – всасывающей системы рецикла катализатора

**Выводы.** Таким образом, использование напорной системы рецикла катализатора при проведении газофазных процессов в условиях аэрозольного катализа позволяет снизить в 1,7 раза расход воздуха, поступающего в реактор с пылевидным катализатором, а следовательно снизить затраты энергии на его нагревание до температуры ведения процесса. Кроме того, это способствует организации устойчивого псевдооживления инерта в реакторе и рационального скоростного режима движения реагентов, что позволило в 1,3 раза повысить производительность реактора при 100%-ном окислении уксусной кислоты.

#### Литература

1. Гликин М. А. Аэрозольный катализ // Теоретические основы химической технологии. – 1996. – Т. 30, – № 4. – С. 430-434.
2. Аэрозольный катализ. Возможности, проблемы, решения / М. А. Гликин, Д. А. Кутакова, Е. М. Принь, Е. В. Фурсов // Химическая промышленность. - 1999. - № 3. – С. 15 -21.
3. К вопросу интенсификации химических газофазных процессов. / С. А. Ревенко, И. И. Багринцев, В. Г. Табунщиков, Л. В. Карпюк // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2013. – № 14 (203). – С. 84.

#### References

1. Glikin M. A. Ajerazol'nyj kataliz // Teoreticheskie osnovy himicheskoj tehnologii. – 1996. – Т. 30, – № 4. – С. 430-434.
2. Ajerazol'nyj kataliz. Vozmozhnosti, problemy, reshenija / М. А. Glikin, D. А. Kutakova, E. M. Prin', E. V. Fursov // Himicheskaja promyshlennost'. – 1999. – № 3. – С. 15 -21.
3. К вопросу интенсификации химических газофазных процессов. / S. A. Revenko, I. I. Bagrincev, V. G. Tabunshnikov, L. V. Karpjuk // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2013. – № 14 (203). – С. 84.

**Ревенко С. А., Архипов О. Г., Багринцев І. І., Карпюк Л. В., Галабурда Н. І. До питання організації рециркуляції катализатора при проведенні хімічних газофазних процесів**

*У статті розглянуті основні недоліки використання всмоктуючої системи пневмотранспорту при організації рециркуляції пилоподібного катализатора при проведенні хімічних газофазних процесів.*

*На прикладі глибокого окислення оцтової кислоти киснем повітря в умовах аерозольного каталізу показана доцільність використання в даному випадку напірної системи, особливість якої полягає в тім, що вловлювання катализатора і організація його рециркуляції в технологічній схемі процесу здійснюється під тиском більшим, ніж тиск у реакторі в місці введення в нього пилоподібного катализатора.*

**Ключові слова:** катализ, рециркуляція, псевдооживлення, окислення, аерозольний катализатор, газофазні процеси.

**Revenko S. A., Arhipov A. G., Bagrincev I. I., Karpyuk L. V., Galaburda N. I. To the organization of recycling of the catalyst during chemical gas phase process**

*The article describes the main disadvantages of using pneumatic suction system in the organization of recycling pulverized catalyst in chemical gas-phase processes.*

*The necessity of using in this case pressure system is shown in the example of deep oxidation of acetic acid with oxygen in air under catalysis aerosol condition. The peculiarity of this system consist of the catalyst cathing. The organisation of his recirculation in technological process scheme is realised under the bigger pressure, than the pressure in the reactor in the introduction place in it of dust catalyst.*

**Key words:** catalysis, recycling, fluidizing oxidation catalyst aerosol, gas phase processes.

**Ревенко Станіслав Антонович** - к.т.н., с.н.с., доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Архипов Олександр Геннадійович** - д.т.н., доцент, завідувач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Багринцев Іван Іванович** - к.т.н., доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут СХУ імені В. Даля (м. Северодонецьк)

**Карпюк Людмила Вікторівна** – старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Галабурда Наталя Іллівна** - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

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

Статья подана 16.10.2014