

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Кафедра «Газохимия и моделирование химико-технологических процессов»

Отчет по лабораторной работе №2

На тему:

Определение механической прочности гранул катализаторов, адсорбентов и  
носителей каталитически активных веществ

Вариант 14

Выполнил:

Ст. гр. БТГ-19-01

Пономаренко М. Д.

Проверил:

Доцент каф. ГМХТП

Талипова Р.Р.

Уфа 2023

**Краткие теоретические сведения**

Применение высоких давлений, температур и скоростей, которыми характеризуется современное развитие химии, невозможно без знания механических свойств используемых материалов, в том числе сорбентов и катализаторов.

Структурно-механические свойства гранул катализаторов, адсорбентов, носителей каталитически активных веществ - прочность, истираемость, упругость, эластичность - зависят главным образом от способа и параметров технологического режима их приготовления, определяющих физико-химическую структуру гранул, их форму и размер. Общим направлением в увеличении прочности пористого тела является увеличение дисперсности и плотности упаковки частиц при минимальных остаточных напряжениях и упрочнение контактов между частицами посредством превращения мало прочных коагуляционных контактов в прочные фазовые - кристаллизационные - контакты.

Требования к механической прочности зависят от типа катализатора и условий эксплуатации. Катализаторы могут эксплуатироваться:

- 1) в стационарном слое;
- 2) в движущемся слое;
- 3) в псевдооживленном слое.

**Цилиндрическая гранула** – универсальная форма зерна катализатора, имеет увеличенное отношение поверхности к объему зерна. Обеспечивает эффективное распределение газа на всех слоях контактного аппарата. Обладает высокой механической прочностью, менее подвержена истиранию и дроблению, что приводит к увеличению срока службы и снижению потерь при просеивании. Размеры гранул позволяют регулировать перепад давления в слое катализатора.

**Ребристая гранула** предназначена для тех случаев, когда в первом слое требуется снизить гидравлическое сопротивление, но скорость газа слишком мала. Применение ребристой гранулы в такой ситуации становится

предпочтительнее. Ребристая гранула подобно цилиндрической позволяет равномерно распределять газ в слое, но гидравлическое сопротивление снижается на 30%. Катализатор в форме ребристой гранулы разработан для 1-го и 2-го слоев, обеспечивает высокую активность и достаточную механическую прочность. *Трубка* – обеспечивает большую площадь прохода газа, снижает, по сравнению с гранулой, перепад давления в слое; равномерно распределяет газ по высоте слоя, что позволяет снизить гидравлическое сопротивление в слое, периодичность пересева катализатора. Применяется на всех слоях катализатора.

**Ребристая трубка** – разработана для 1-го и 2-го слоев, но может эффективно применяться во всех слоях катализатора, обеспечивает высокую активность и достаточную механическую прочность. Дает возможность максимально снизить гидравлическое сопротивление за счет увеличения порозности слоя.

**Сотовая гранула.** Катализаторы сотового зернения разработаны также с целью снижения гидравлического сопротивления за счет увеличения свободного объема (порозности) слоя, при этом внутренние перегородки повысили механическую прочность зерна. Исключена также возможность ускоренного разрушения внутренних перегородок. Обеспечивает сочетание оптимальной геометрии поверхности зерна и повышенной прочности. Сотовая гранула послужила преддверием к разработке еще более эффективной регулярной насадки с большим свободным сечением в форме плоских или цилиндрических элементов, расположенных параллельно направлению потока реакционной смеси (**блочный катализатор**).

**Сферический катализатор** с оптимальным диапазоном по размерам обеспечивает наиболее плотную упаковку зерен, имеет максимальное соотношение объема к внешней поверхности зерна. Он имеет максимальную поверхность загрузки. За счет повышенной механической прочности такой катализатор обладает продолжительным сроком службы.



(а)



(б)



(в)



(г)



(д)

Рис.1. Формы зерен ванадиевых катализаторов окисления сернистого газа:  
а) цилиндрическая гранула (Г); б) ребристая гранула (РГ); в) трубка (Т);  
г) ребристая трубка (РТ); д) сотовая гранула (СГ)

## Экспериментальная часть

### Цель работы:

1. Определение механической прочности гранул катализаторов, адсорбентов и носителей активных центров в статическом режиме (задание 1).
2. Определение механической прочности гранул катализаторов, адсорбентов и носителей активных центров в динамическом режиме (задание 2).

### Приборы и реактивы:

набор сит; технические весы; стеклянные стаканчики; образцы катализаторов.

### Задание 1.

## Определение механической прочности гранул алюмоникельоксидного катализатора ГИАП в статическом режиме

### Сущность работы и порядок ее выполнения.

Определение разрушающего усилия осуществляется на прессе настольном типа ПРГ-1-70, предназначенном для визуального контролируемого статического испытания образцов. Пресс представляет собой гидростатический мультипликатор усилия с ручным приводом.

### Принцип действия.

Пресс ручной гидравлический ПРГ-1-70 представлен на рис. 7.

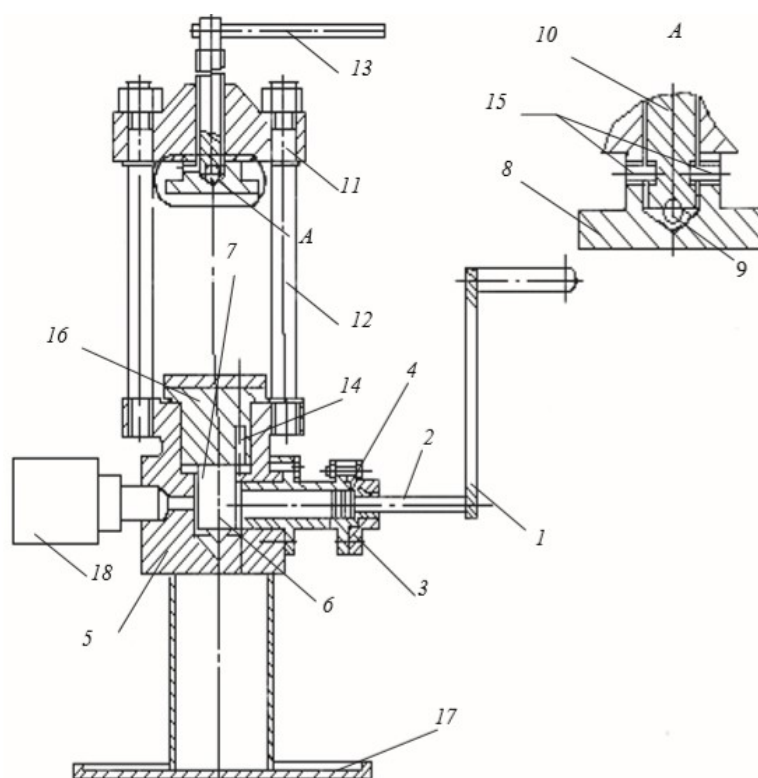


Рис. 7 - Пресс гидравлический ПРГ-1-70:

1 – рабочая рукоятка; 2 – рабочий винт; 3 – гайка; 4 – нагнетательный плунжер; 5 – корпус; 6 – силовой плунжер; 7 – рабочая плита; 8 – опорная плита; 9 – шарик; 10 – регулировочный винт; 11 – траверса; 12 – колонна; 13 – регулировочная рукоятка; 14 – винт-заглушка; 15 – винт-фиксатор; 16 – силовой плунжер; 17 – основание; 18 – измеритель силы цифровой

Момент, действующий на рабочую рукоятку 1, передается на рабочий винт 2, который совместно с гайкой 3 преобразует вращательное движение рукоятки в перемещение нагнетательного плунжера 4, который создает давление масла в корпусе 5. Давление действует на силовой плунжер 6, который защищен рабочей плитой 7. Диаметр силового плунжера зависит от типа пресса. Образец устанавливается на рабочую плиту и сверху прижимается опорной плитой 8. Самоустановка опорной плиты в процессе нагружения обеспечивается шариком 9. Для изменения величины рабочего пространства служит регулировочный винт 10, установленный на траверсе 11. Траверса закреплена на колоннах 12. Развиваемое силовым плунжером усилие, пропорциональное давлению в корпусе, визуально контролируется по показаниям измерителя силы цифрового 18 (далее ИСЦ). Допускается фиксация пресса к рабочей поверхности стола винтами через отверстия диаметром 9 мм в основании 17 или струбциной (при их отсутствии).

**Обработка результатов (исходные данные из Приложения 1а и 1б).**

Вариант	Образец	Диаметр гранулы, мм	Среднее значение разрушающего усилия, кгс
14	<b>ГИАП 3-6Н (Ц-15)</b>	16	1500

<b>Марка</b>	<b>ГИАП 3-6Н (Ц-15)</b>
Внешний вид	Цилиндры серого или светло-серого цвета
Размеры, мм - диаметр наруж.: - диаметр внутр.: - длина:	15,0±1,0 - 15,0±1,0
Насыпная плотность, кг/дм <sup>3</sup>	1,6±1,0
Механическая прочность средняя по торцу, МПа, не менее	70,0
Состав, масс.% оксид никеля:	

алюминий содержащий компонент:	7,5±1,5 Остальное
Массовая доля пыли и крошки, %, не более	3,0

Для испытаний в каждом случае отбирают 20 образцов гранул.

Раздавливание производят по торцу.

Показания измерителя силы цифрового ИСЦ записывают в рабочую тетрадь.

Среднее значение разрушающего усилия рассчитывают, как отношение суммы усилия F образцов к числу измерений:

$$F_{cp} = \frac{\sum F}{n} = 1500 \text{ кгс}$$

где  $\sum F$  – суммарное число показаний измерителя ИСЦ; n – число измерений на прессе.

Прочность P находят как отношение среднего разрушающего усилия F образцов к площади сечения гранулы (в данном случае - по торцу), по которому происходит раздавливание.

$$S = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2,0096 \text{ кгс/см}^2$$

$$P = \frac{F_{cp}}{S} = \frac{1500}{2,0096} = 746,4172 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 73,1985 \text{ МПа}$$

### Задание 2.

Определение механической прочности гранул катализаторов крекинга псевдоожиженного и движущегося слоев в динамическом режиме

#### Исходные данные из приложения 2б

Вариант	Катализатор крекинга микросферический ОКТИФАН		Адамант Экстра - катализатор крекинга вакуумных газойлей	
	Вес свежего образца после просеивания, г	Вес испытанного образца после просеивания, г	Вес свежего образца после просеивания, г	Вес испытанного образца после просеивания, г

				Г
14	26,9260	24,4488	22,8800	20,2717

### Расчеты:

Рассчитать механическую прочность на истирание гранул катализаторов по заданным значениям весов исходного и испытанного образца (Приложение 2а).

Истираемость  $I$  (%) за определенный период времени рассчитывают, как отношение убыли массы катализатора  $\Delta m_{\text{кат}}$  к первоначальной массе  $m_{\text{кат}}$ :

$$I = \frac{\Delta m_{\text{кат}}}{m_{\text{кат}}} \cdot 100\%$$

$$I_{\text{октифайн}} = \frac{26,9260 - 24,4488}{26,9260} \cdot 100\% = 9,2\%$$

$$I_{\text{адаманти}} = \frac{22,8800 - 20,2717}{22,8800} \cdot 100\% = 11,4\%$$

Время испытания для катализатора Октифайн - 40 ч, для Адаманти - 30 мин.

$$I_{\text{октифайн}} = \frac{9,2\%}{40 \text{ ч}} = 0,23 \frac{\%}{\text{ч}}$$

$$I_{\text{адаманти}} = \frac{11,4\%}{30 \text{ мин}} = 0,38 \frac{\%}{\text{мин}}$$

Время испытания для катализатора Октифайн - 40 ч, для Адаманти - 30 мин.

**Вывод:** Определена механическая прочность гранул никелевого катализатора **ГИАП 3-6Н (Ц-15)** в статическом режиме, величина которой составило 73.1985 МПа при условии  $d=16$  мм,  $F= 1500$  кгс. Определена механическая прочность гранул катализаторов, адсорбентов и носителей активных центров в динамическом режиме (задание 2) также определена



истираемость  $I = 0,23 \frac{\%}{ч}$  для Кат ОКТИФАЙН и для Адамант экстра кат  $I = 0,38 \frac{\%}{мин}$

Следует сделать вывод что эти результаты почти соответствуют нормам ТУ