КОЖУХОТРУБНЫЙ РЕАКТОР

Выполнили:

Ст.гр. МАП-450 Москаленко В.А.

Ст.гр. МАП-450 Шуваев Е.В.

Руководители работы:

проф., д.т.н. Голованчиков А.Б.

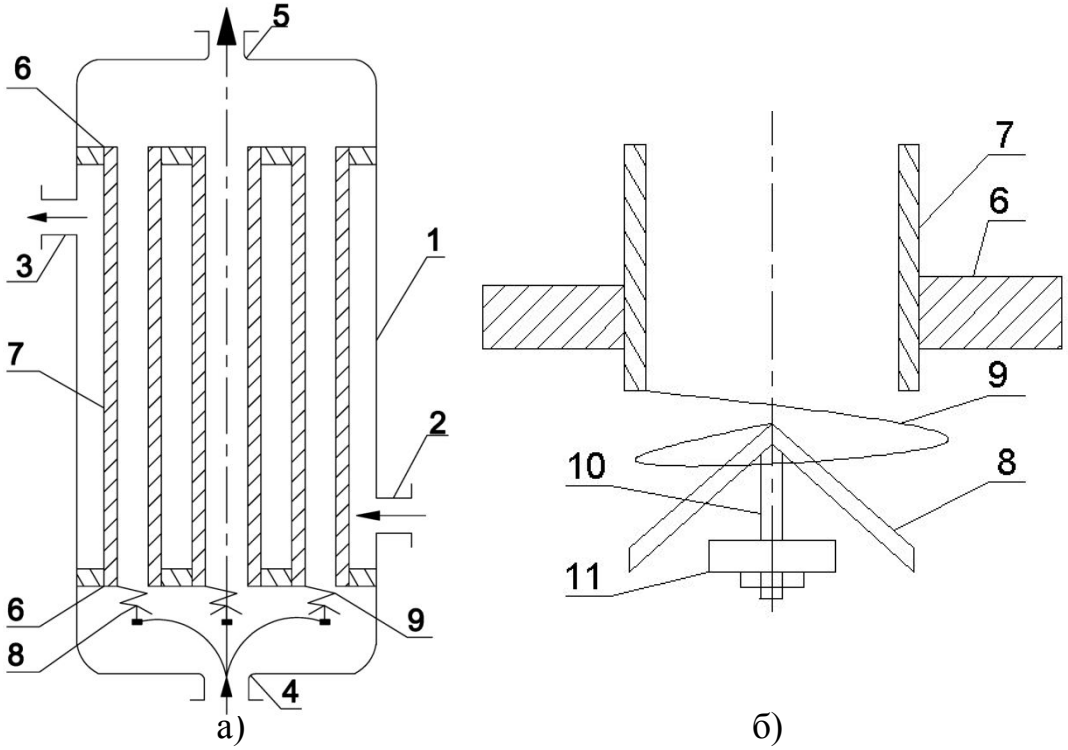
асс. Чёрикова К.В.

Актуальность

При создании новых и модернизации существующих кожухотрубных реакторов для проведения изотермических и неизотермических процессов главной задачей является снижение энергозатрат и повышения производительности.

Основной проблемой большинства известных конструкций кожухотрубных реакторов является неодинаковый расход реакционной массы в трубах, что приводит к снижению общей степени конверсии и качества продуктов реакции.

Кожухотрубный реактор



а) общий вид кожухотрубного реактора; б) распределительное устройство на входе реакционной массы в трубу;
1 - корпус; 2,3 - патрубки входа и выхода теплоносителя; 4,5 - патрубки входа и выхода реакционной массы; 6 - трубные решетки; 7 - трубы трубного пучка; 8 - распределительное устройство; 9 - цилиндрическая пружина; 10 - стержень; 11 - груз
Рисунок 1 - Кожухотрубный реактор

Кожухотрубный реактор (рисунок 1) содержащий корпус 1, трубные решетки 6, пучки труб 7, технологические патрубки и распределительные устройства 8, каждое из которых выполнено в виде конической крышки, жестко соединенной упругой цилиндрической пружиной 9 с нижним торцом трубы и установленной осессиметрично с ней, при этом вершина конуса направлена на вход в трубу реакционной массы, причем, под каждой конической крышкой закреплен осесимметрично с ней груз массой, определяемой из выражения:

$$m_r = a\left(\frac{l}{\pi \cdot c}\right)^2 - m_k \qquad (1)$$

где m_r - масса груза, кг;
a - упругость цилиндрической пружины, Н/м;
l - длина трубы, м;
c - скорость звука для газа в трубе, м/с;
m_k - масса конической крышки, кг.

Кожухотрубный реактор

Жесткое осесимметричное закрепление под каждой конической крышкой груза, позволяет поддерживать осесимметричное расположение каждой крышки относительно оси сопряженной с ней трубы без переноса, что позволяет выравнивать подачу газовой реакционной массы в трубы с равным расходом и обеспечить высокую производительность на выходе из кожухотрубного реактора.

Установка груза массой, определяемой из выражения (1), позволяет обеспечить резонансный режим колебаний с большой амплитудой этого груза и конической крышкой (образующих с упругой цилиндрической пружиной физический маятник) с газовой реакционной массой, движущейся внутри трубы. Интенсивная вибрация конической крышки под каждой трубой способствует турбулизации газовой реакционной массы на входе в трубы, обеспечивающей свободные осевые перемещения конической крышки в зависимости от локального расхода, а значит скорости газовой реакционной массы на входе в трубу, изменению проходного сечения между конической крышкой и входам в трубу, и выравниванию локальных расходов этой массы и температуры, что приводит к увеличению производительности по продуктам реакции.

Выбор массы груза по выражению (1) приводит к равенству частот колебаний газовой реакционной массы в трубе и собственной частоты колебаний конической крышки с грузом, подвешенных на упругой цилиндрической пружине и образующих пружинный маятник.

Цилиндрический столб газа в трубе длиной *l* имеет собственную частоту колебаний:

$$\nu = \frac{c}{2 \cdot l} \qquad (2)$$

где с - скорость звука в газе, м/с.

Собственная частота колебаний пружинного маятника:

$$\nu_n = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{a}{(m_k + m_r)}} \qquad (3)$$

где m_r - масса груза, кг;

a - упругость цилиндрической пружины, Н/м;

m_k - масса конической крышки, кг

Пример расчета кожухотрубного реактора

В кожухотрубном реакторе под каждой трубой трубного пучка установлена на упругой цилиндрической пружине коническая крышка .

Длина труб составляет *l*=6 м;

Коническая крышка имеет массу m_k=0,15 кг;

Упругость цилиндрической пружины: *a*=10400 Н/м.

Определим из выражения (1) массу груза со стержнем, обеспечивающим резонансный режим их колебаний вместе с конической крышкой на упругой цилиндрической пружине , то есть с частотой, совпадающей с частотой колебаний газовой реакционной массы в трубах . В трубах движется реакционная масса, основой которой является воздух. Скорость звука в воздухе *c*=330 м/с.

Подставляем численные значения вышеназванных параметров в выражение (1) получаем массу груза со стержнем :

$$m_r = 10400 \cdot \left(\frac{6}{3{,}14 \cdot 330} \right)^2 - 0{,}15 = 0{,}2 \text{ кг}$$

Определяем по уравнению (2) частоту колебаний воздушной реакционной массы в трубах :

$$\nu = \frac{330}{2 \cdot 6} = 27{,}5 \text{ Гц}$$

Определяем по уравнению (3) собственную частоту колебаний пружинного маятника, образованного упругой цилиндрической пружиной с суммарной массой стержня и груза:

$$\nu_n = \frac{1}{6{,}28} \sqrt{\frac{10400}{(0{,}15 - 0{,}2)}} = 27{,}5 \text{ Гц}$$

Таким образом, при массе груза со стержнем, определяемой из выражения (1), частоты колебаний воздушной реакционной массы в трубах совпадет с собственной частотой колебаний пружинного маятника, образованного упругой цилиндрической пружиной с суммарной массой m_r стержня и груза .

Вывод

Разработанная конструкция кожухотрубного реактора, позволяет увеличить производительность за счет обеспечения резонансного режима колебаний с большой амплитудой груза и конической крышкой с газовой реакционной массой, движущейся внутри трубы.

Резонансный режим колебаний способствует выравниванию локальных расходов реакционной массы в трубах трубного пучка, средних скоростей и времени пребывания газовой реакционной массы внутри труб, равномерному и одинаковому температурному режиму по высоте труб, а значит одинаковой степени конверсии.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!