

Пикашов В.С., Великодний В.А., Троценко Л.Н.

Институт газа НАН Украины, Киев

Повышение эффективности работы объема насадки в вертикальных каталитических газожидкостных реакторах

Разработаны технология и устройство для равномерного распределения газожидкостного потока по поверхности насадки каталитического вертикального цилиндрического реактора. Приведены конструкция устройства и математические зависимости для расчета элементов устройства. Разработка внедрена на каталитическом реакторе установки для очистки технического парафина с целью получения парафина для пищевой промышленности.

Ключевые слова: каталитический реактор, поверхность насадки, газожидкостной поток, равномерное распределение, парафин.

Розроблено технологію та пристрій для рівномірного розподілення газорідного потоку по поверхні насадки каталітичного вертикального циліндричного реактора. Наведено конструкцію пристрою та математичні залежності для розрахунку елементів пристрою. Розробку впроваджено на каталітичному реакторі установки для очищення технічного парафіну з метою отримання парафіну для харчової промисловості.

Ключові слова: каталітичний реактор, поверхня насадки, газорідний потік, рівномірне розподілення, парафін.

В химической, нефтехимической и других отраслях промышленности используются газожидкостные каталитические реакторы. Устройство и работу такого каталитического реактора рассмотрим на примере в установке для гидроочистки твердого парафина от керосина, сероводорода, масел, ароматических соединений и других примесей с целью получения чистого парафина для пищевой и других отраслей промышленности [1].

Каталитический реактор состоит из вертикальной цилиндрической камеры, сверху и снизу закрытый выпуклыми крышками. К крышкам подсоединены подводной и отводной патрубки, выполненные из вертикальных и горизонтальных отрезков труб, соединенных между собой коленами. Цилиндрический корпус заполнен каталитической насадкой в виде шаров, колец Рашига, седел Берля или другой формы. На поверхность насадки нанесен слой катализатора.

При работе установки в реактор через верхний подводящий трубопровод поступают парафин, нагретый в печи до жидкого состояния, и водород. Смесь подается в реактор под давлением 4,0 МПа (40 кг/см²) и температуре 300–320 °С. Парафин льется из вертикального отрезка трубопровода на поверхность насадки и стекает вниз через всю высоту насадки, сквозь которую также проходит водород. В объеме на-

садки происходят требуемые реакции, и прореагировавшая смесь направляется на дальнейшую технологическую переработку.

Недостатком работы такого реактора является то, что жидкий парафин льется вниз из вертикального патрубка трубопровода на небольшой участок в центре поверхности насадки. Далее парафин стекает вниз, постепенно растекаясь от оси по радиусу до обечайки цилиндра. Таким образом, парафин в верхней и средней частях реактора частично контактирует с насадкой, а полностью омывает поперечные сечения насадки только в нижней части цилиндра. Водород равномерно проходит через поверхность насадки и все ее сечение. В тех местах по объему, где парафин соприкасается с водородом, происходят соответствующие реакции. Вследствие такой конструкции реактора большая часть объема катализатора (верхняя и средняя) работают частично, уменьшается его эффективность, заключающаяся в неполной очистке парафина. В случае расположения последовательно к первому реактору дополнительно одного или более реакторов значительно увеличатся капитальные и эксплуатационные затраты.

Идея предложенной разработки состоит в том, чтобы создать такое устройство, которое позволило бы равномерно распределить подачу жидкого парафина и водорода по всей поверхности насадки, чтобы потоки смеси по всем се-

чениям объема по высоте реактора были равномерными. Основные условия при этом: минимальная переделка реактора без потери давления и температуры смеси перед насадкой.

На рис.1 представлена верхняя часть реактора, где 1 — корпус, 2 — крышка, 3, 4 — вертикальный и горизонтальный участок трубопровода, 5 — колено.

Согласно разработке, на конце вертикального отрезка трубопровода установлена дископодобная заглушка 7. Через заглушку проходят патрубки 8, которые равномерно размещены по ее площади. Срез верхней части патрубков исполнен в виде зубцов по всей окружности. Нижние участки патрубков имеют разный наклон по отношению к вертикали в зависимости от расстояния от центра. Над патрубками расположен цилиндрический (или другой формы) купол 9, который переходит в вертикальную трубу 10. Эта труба по высоте доходит до внутренней части поворота 5, а нижний край купола расположен ниже уровня зубцов патрубков 8.

Каталитический реактор с рассмотренным устройством работает таким образом. В горизонтальном участке трубопровода 4 движется

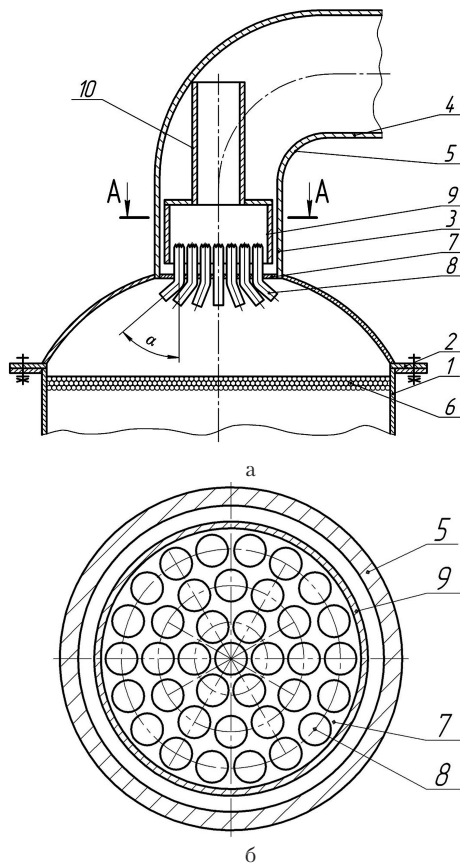


Рис.1. Продольный (а) и поперечный разрез по А-А (б) верхней части реактора.

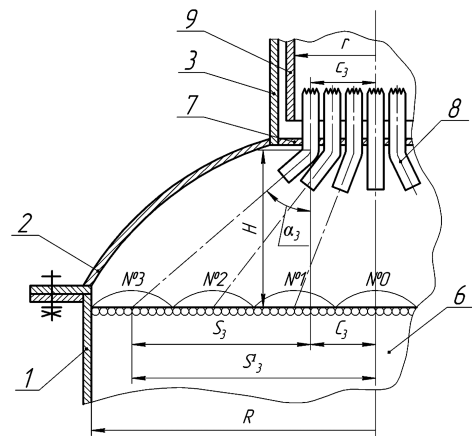


Рис.2. Схематический продольный разрез по диаметру верхней части реактора.

газожидкостной поток парафина и водорода. Поскольку жидкий парафин имеет большую плотность, чем газ, он заполняет нижнюю часть сечения горизонтального участка трубопровода, а верхнюю — газ. Доходя до поворота 5, парафин под действием сил тяжести изменяет направление, протекая по его внутренней части, и стекает вниз по вертикальному отрезку 3 трубопровода, заполняет кольцевую щель между отрезком 3 и куполом 9 и поднимается внутри купола до уровня вертикальной части патрубков 8. Затем парафин втекает через зубчатые срезы в середину патрубков 8 и вытекает через них на поверхность насадки 6. Благодаря тому, что патрубки находятся на одном уровне, жидкий парафин равномерно распределяется между всеми патрубками. Срез верхней части патрубков 8 в виде зубцов позволяет равномерно распределить жидкость по внутренней поверхности каждого из них.

Водород из верхней части сечения трубопровода 4 поступает в трубу 10, затем под купол 9 и вытекает через патрубки 8 вместе с жидкостью. Поток водорода на выходе каждого из патрубков подхватывает парафин, и газожидкостная смесь направляется по оси наклонной части патрубков на определенный участок поверхности катализатора. Угол наклона каждого из патрубков рассчитывается, исходя из геометрических соображений.

На рис.2 схематически изображен продольный разрез по диаметру верхней части реактора. При выводе расчетной формулы поверхность насадки реактора разбивали на равные по ширине кольцевые участки, количество которых равняется количеству патрубков по радиусу заглушки n . Затем проводили оси наклонных участков патрубков до середины каждого кольца. Угол наклона, например, трубы 3 (центральный патрубок считаем нулевым) и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_3 = \arctg S_3/H, \quad (1)$$

где S_3 — расстояние по поверхности насадки от пересечения оси вертикального конца патрубка до пересечения оси наклонного конца этого патрубка; H — высота между точкой оси поворота вертикальной и наклонной части патрубка до поверхности насадки.

Из рис.2 следует, что

$$S_3 = S_3' - C_3, \quad (2)$$

где S_3' — расстояние от оси реактора до середины рассматриваемого кольца; C_3 — расстояние от оси реактора до оси вертикальной части патрубка.

Из рис.2 видно, что

$$S_3' = 3 R/(n + 0,5), \quad (3)$$

где R — радиус поверхности насадки.

Аналогично

$$C_3 = 3 r/(n + 0,5), \quad (4)$$

где r — радиус купола.

Подставив (3) и (4) в (2), получим

$$S_3 = 3 (R - r)/(n + 0,5). \quad (5)$$

Тогда

$$\alpha_3 = \arctg [3 (R - r)/(n + 0,5) H]. \quad (6)$$

Таким образом, для i -го патрубка

$$\alpha_i = \arctg [i (R - r)/(n + 0,5) H]. \quad (7)$$

По приведенной формуле можно приблизительно рассчитать угол наклона каждого из патрубков, причем погрешность равномерности орошения поверхности катализатора будет зависеть от равномерности расположения патрубков по сечению заглушки и их угла наклона.

Предложенные технология и устройство использованы на каталитическом реакторе установки по производству парафина для пищевых целей очисткой технического парафина. Первоначально при проектировании и расчетах каталитического реактора предполагалось, что парафино-водородная смесь будет равномерно распределяться по объему насадки. Однако на практике обнаружилось, что степень очистки от примесей значительно отличается от требований стандартов. После внедрения предложенной разработки качество очищенного парафина полностью удовлетворяет всем требованиям. Разработанные технология и устройство можно также применять для других аналогичных технологий.

Список литературы

1. Переверзев А.Н., Богданов Н.Ф., Рошин Ю.Н. Производство парафинов. — М.: Химия, 1973. — 223 с.
2. Пат. 65346 Укр., МПК⁹ C 10 G 45/06, C 10 G 45/08. Каталитичний реактор системи газ — рідина / В.С.Пікашов, В.О.Великодний, Л.М.Троценко. — Опубл. 12.12.11, Бюл. № 23.

Поступила в редакцию 29.07.11

Pikaschov V.S., Velikodny V.A., Trotsenko L.N.

The Gas Institute of NAS of Ukraine, Kiev

The Operational Efficiency of Nozzle Volume in Vertical Gas and Liquid Catalytic Reactors

The technology and device for uniform distribution of gas and liquid flow on the nozzle surface of vertical cylindrical catalytic reactor is developed. The device design and mathematical relationships for device components calculation are aduced. The installation is implemented in catalytic reactor unit for technical paraffin purification in order to obtain paraffin for food industry.

Key words: catalytic reactor, nozzle surface, gas and liquid flow, uniform distribution, paraffin.

Received July 29, 2011