

Экспериментальная установка вакуумного дегидрирования бутана находится на кафедре машины и аппараты химических производств казанского национального исследовательского технологического университета.

Экспериментальная установка вакуумного дегидрирования бутана (показана на рисунке 1) состоит из следующих основных узлов: греющая камера, реакционная камера, теплообменника, конденсатосборника, вакуум насоса. Рис. 1 -

Экспериментальная установка вакуумного дегидрирования бутана: 1 - реакционная камера; 2 - греющая камера; 3 - теплообменник; 4,5,6 - конденсатосборник; 5 - вакуум насос

Описание греющей камеры

Греющая камера представляет собой систему труб и фитингов последовательно сваренных между собой. В качестве материала для основных деталей выбрана нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, которая является стойкой до температуры 700°C. На входе в камеру приварена бобышка для установки датчика давления. Входная труба, диаметром 25 мм с толщиной стенок 3 мм, с помощью концентрического перехода сваривается с трубой, которая служит поверхностью для нагрева. Данная поверхность представляет собой три параллельные трубы длиной 2 метра, с диаметром 57 мм и толщиной стенки 3мм, сваренных на концах двумя отводами, обеспечивающими поворот трубы на 180°. На конце поверхности нагрева также приварен поворот на 180° и концентрический переход, увеличивающий наружный диаметр трубы до 89 мм. На конце данной трубы имеется фланец, типа выступ - впадина, для присоединения реакционной камеры. На конце греющей камерс, перед третьим поворотом, приварена бобышка для установки датчика давления, термопары. Нагрев осуществляется с помощью нихромовой проволоки, толщиной 1,5 мм, спирально обмотанной вокруг нагревательной трубы, защищенной от прямого контакта с металлом керамическими бусами. Нихром может работать при температурах 1100-1300°C, имеет высокое электрическое сопротивление, высокое сопротивление коррозии, жаропрочность, малый температурный коэффициент электросопротивления. Керамические бусы выполнены из окиси алюминия, кордуновой керамики, стойкой при высоких температурах и имеют коэффициент теплопроводности при 600 °С равный 15 Вт/мК. Обмотка разделена на три участка по 2 метра, участки соединены параллельно, для большего теплового эффекта. Площадь поверхности теплообмена составляет 1,04 м². Газ в нагревательных трубах движется со скоростью 1,26 м/с. Данной площади достаточно для нагрева бутана до 600°C, при давлении 0,1 атм.

Описание реакционной камеры

Реакционная камера представляет собой вертикальный трубный реактор, выполненный из стали марки 12Х18Н10Т, наружным диаметром 89 мм, с толщиной стенок 4 мм и высотой 1,7 метра, с обоих концов приварены фланцы, типа выступ - впадина, для присоединения к греющей камере на входе в реакционную камеру, и теплообменник на выходе из него. Внутри трубы помещен слой катализатора на перфорированной тарелке и имеет

насыпную высоту 1,2-1,4 метра. В установке используется алюмохромовый катализатор, который обеспечивает устойчивое протекание процесса. Степень нагрева реакционной камеры контролируют с помощью трех термопар, которые устанавливаются в варенные по высоте реакционной камеры бобышки. По высоте реакционной камеры также вварены три пробоотборника, которые представляют собой трубки диаметром 10 мм с толщиной стенок 2 мм, выполненных из стали 12X18H10T. Один конец погружен в реакционную камеру и имеет множество мелких отверстий для взятия пробы, другой отведен от реакционной камеры на толщину слоя изоляции и имеет на конце резьбовое соединение для присоединения к пробоотборной линии вакуум насоса. Описание теплообменника В установке используется одноходовой теплообменник типа «труба в трубе» с наружной трубой 57x3 мм, и внутренней трубой 25x3 мм, выполненной из стали 12X18H10T. Один конец имеет фланец, типа выступ впадина, для присоединения к реакционной камере, другой конец сальниковое уплотнение, для компенсации температурных напряжений из-за высокой разности температур горячего и холодного теплоносителей. Рабочее давление трубного пространства 0,1 атм., рабочее давление межтрубного пространства 4 атм. Площадь теплообмена составляет 0,0785 м². Описание конденсатосборника В данной установке имеется несколько конденсатосборников.

Конденсатосборник представляет собой вертикальную цилиндрическую емкость, выполненную из стали 12X18H10T, с нижнего конца приварено плоское днище. С верхнего конца приварен плоскоприварной фланец с соединительным выступом, ответным фланцем является круг толщиной 30 мм из оргстекла. Ввод и вывод контактного газа происходит через патрубки, вваренные на разных уровнях в конденсатосборник. На входном патрубке нарезана резьба М25, для присоединения через муфту к теплообменнику, а выходной патрубков представляет собой бобышку, для присоединения специальных фитингов фирмы “Самоззи”. Слив осуществляется через нижний патрубок на конце которого нарезана резьба для присоединения шарового крана. В корпус конденсатосборника вварена бобышка для присоединения показывающего вакуумметра, для контроля разряжения на входе в вакуумный насос. Полный объем конденсатосборника равен 1,8 литров. Максимальный объем конденсата 0,8 литра. Конденсатосборник после вакуум насоса имеет некоторые конструктивные отличия от конденсатосборника идущего после теплообменника. Входной патрубков и выходной патрубков представляют собой бобышки для присоединения специальных фитингов фирмы “Самоззи”. Описание вакуум насоса В экспериментальной установке используется безмасляный мембранный вакуум насос ООО «АЛВАК» серии МВНК. Регулирование производительности насоса осуществляется установкой непосредственно перед входом в насос многооборотного вентиля фирмы “Самоззи”, а также установкой натекателя на входе в систему, где создается разряжение. Производительность

при атмосферном давлении на выходе, при работе ступеней: · Последовательной - 5/83 л/ч · Параллельной - 11/200 л/ч Остаточное давление при работе ступеней: · Последовательной - 0,25/1,9 кПа/мм рт.ст. · Параллельной - 11/200 кПа/мм рт.ст.

Описание пробоотборной линии Отбор проб происходит на четырех различных участках основной вакуумной линии, где происходит реакция дегидрирования. Осуществляется за счет создания, в пробоотборной вакуумной линии, безмасляным мембранным вакуум насосом МВНК 2х4 более низкого разряжения. В пробоотборную линию, помимо насоса, входят рилсановые трубки, различные фитинги фирмы "Samozzi" и конденсатосборник с показывающим вакуумметром ДМ-02-100 для контроля разряжения пробоотборной линии. Фитинги позволяют легко и быстро монтировать и демонтировать пробоотборную линию, выделять отдельные потоки исследуемого газа, перекрывая остальные. Характеристики насоса серии МВНК 2х4: Производительность при атмосферном давлении на выходе, при работе ступеней: · Последовательной - 2,5/42 л/ч · Параллельной - 10/167 л/ч Остаточное давление при работе ступеней: · Последовательной - 0,65/5 кПа/мм рт.ст. · Параллельной - 4,65/35 кПа/мм рт.ст.

Описание изоляции Поскольку дегидрирование проходит при высоких температурах 600°C, а нагревательная нихромовая проволока нагрета еще на более высокую температуру в 700°C, то необходимо изолировать нагревательные поверхности. В качестве изоляции самым эффективными являются теплоизоляционные цилиндры на основе базальтовых пород. Выбираем в качестве изоляции маты прошивные и вязально-прошивные марки WATTAT M1-75 из базальтового волокна по ГОСТ 21880-94. Изоляция представляет собой маты из базальтовой ваты на сырьевой основе вулканических горных пород, получаемой осаждением базальтовых нитей при раздуве расплава, прошитые в продольном направлении либо вязальным швом (типа "стеганое одеяло"). Маты прошивные и вязально-прошивные марок WATTAT не содержат никаких вредных веществ, что подтверждено санитарно-эпидемиологическим заключением № 16.11.02.576.П.000024.01.05. Данный вид изоляции применяется при температуре поверхности от - 180 до + 900 °С. В экспериментальной установке используются маты толщиной 40 мм, для кольцевой изоляции труб нагревательной и реакционной камер. Реакционную и нагревательную камеры помещают в прямоугольный саркофаг, выполненный из оцинкованных листов металла. Саркофаг со всех сторон больше на 50 мм чем наружная граница изоляции из базальтовых матов. Это пространство, и свободное пространство между базальтовыми матами, также заполняется изоляцией, в виде базальтовых матов марки WATTAT M1-75. Данная теплоизоляция обеспечивает минимальные потери тепла в окружающую среду, при этом надолго сохраняет свои теплоизоляционные качества и является экологически чистой.