

Н. А. Каюмов, А. А. Назаров, С. И. Поникаров

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ВАКУУМНОГО ДЕГИДРИРОВАНИЯ БУТАНА*Ключевые слова: вакуум, дегидрирование, бутан, греющая камера, реакционная камера, вакуум насос.**Экспериментальная установка вакуумного дегидрирования бутана представляет собой сложенную систему взаимосвязанных между собой устройств для проведения технологического процесса дегидрирования под вакуумом. Данная установка состоит из следующих основных узлов: греющая камера, реакционная камера, теплообменника, конденсатосборника, вакуум насоса и пробоотборной линии. К основным режимам работы установки можно отнести рабочее давление вакуума 0,1-0,2 атм. и рабочая температура 600-700 °С.**Keywords: vacuum dehydration, Bhutan, the heating chamber, reaction chamber, the vacuum pump.**The experimental set-vacuum dehydrogenation of Bhutan is a coherent system of interconnected devices for the technological process dehydrogenation under vacuum. This installation consists of the following main parts: a heating chamber, reaction chamber, heat exchanger, condensate, vacuum pump and sampling line. The main operating modes can be attributed to the working vacuum pressure of 0.1-0.2 ATM. and operating temperatures of 600-700°C.*

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.

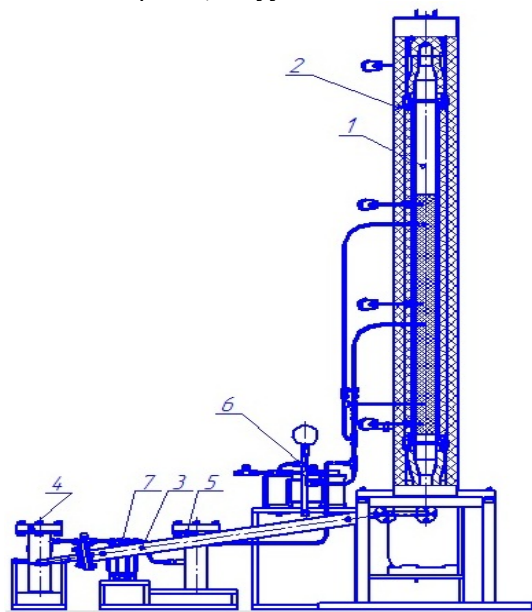


Рис. 1 – Экспериментальная установка вакуумного дегидрирования бутана: 1 – реакционная камера; 2 – греющая камера; 3 – теплообменник; 4,5,6 – конденсатосборник; 5 – вакуум насос

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 камеры, 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 термпар, 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 12X18Н10Т. 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 57х3 мм, и внутренней трубой 25х3 мм, выполненной из стали 12X18Н10Т. 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 12X18Н10Т, 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 патрубок представляет собой бобышку, для присоединения специальных фитингов фирмы “Camozzi”. 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 патрубок и выходной патрубки представляют собой бобышки для

присоединения специальных фитингов фирмы “Camozzi”.

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 “Camozzi”, а также установкой натекателя на входе в систему, где создается разряжение.

Производительность при атмосферном давлении на выходе, при работе ступеней:

- Последовательной - 5/83 м³/ч / л/ч
- Параллельной – 11/200 м³/ч / 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 “Camozzi” 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 м³/ч / л/ч
- Параллельной – 10/167 м³/ч / 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 эффективным 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.

Литература

1. Журавлева К.А. Получение стирола дегидрированием этилбензола / К.А. Журавлева, А.А. Назаров // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2012. – Т. 15 № 11. – С. 149-152.
2. Назаров А.А. Вакуумное дегидрирование / А.А. Назаров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2012. - № 2. – С. 25.

© **Н. А. Каюмов** – магистрант каф. машин и аппаратов химических производств КНИТУ, nailgt2007@yandex.ru; **А. А. Назаров** – к.т.н., доц. каф. машин и аппаратов химических производств КНИТУ, mahp-kstu@mail.ru; **С. И. Поникаров** – д.т.н., профессор, зав. каф. машин и аппаратов химических производств КНИТУ.