

Д. В. Башкиров, А. В. Клинов, А. И. Разинов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ

Ключевые слова: адсорбция, разделение газовых смесей, осушка воздуха, силикагель.

Разработана схема и создана лабораторная установка, предназначенная для проведения процесса адсорбции паров воды из смеси с воздухом слоем адсорбента. Созданная установка позволяет проводить исследования процесса адсорбции как совмещенного процесса тепло- и массообмена.

Key words: adsorption, separation of gas mixtures, drying air, silica gel.

The scheme designed and laboratory plant for carrying out the process of adsorption of water vapor and air mixture of the adsorbent bed created. The installation allows the study of the adsorption process as a combined process of heat and mass transfer.

Массообменные процессы, протекающие с участием твердой фазы, играют большую роль в химической технологии, поскольку они являются необходимой составной частью многих производств и в значительной степени влияют на качество выпускаемой продукции [1,2].

Одним из наиболее распространенных массообменных процессов, осуществляемых в аппаратах с неподвижным слоем твердой фазы, является адсорбция. Адсорбция является универсальным способом, позволяющим практически полностью извлечь примесь из газовой или жидкой среды. В современной химической, газовой, нефтеперерабатывающей промышленности адсорбционный способ широко используют для глубокой очистки и осушки технологических потоков, улучшения качества сырья и продуктов [3-5].

Для исследования процесса адсорбции была разработана схема и создана лабораторная установка (рис.1), предназначенная для проведения процесса адсорбции паров воды из смеси с воздухом слоем адсорбента.

Установка состоит из испытательной колонны 1 диаметром 90 мм. Колонна заполнена силикагелем.

Газ (влажный воздух) подается воздуходувкой 9 в верхнюю часть колонны, проходит через слой адсорбента и через штуцер 6 в нижней части колонны сбрасывается в атмосферу. Расход газа определяется при помощи диафрагмы 10 и дифманометра 11. Регулирование расхода осуществляется при помощи регулятора напряжения (ЛАТРа) 8, меняющего число оборотов электродвигателя. Относительная влажность и температура воздуха на входе и выходе из колонны измеряются при помощи датчиков 2 и 7 соответственно. Выходные сигналы поступают на вторичные регистрирующие приборы. Все данные, поступающие с приборов, собираются и обрабатываются SCADA-системой и заносятся в память компьютера.

Данная схема позволяет пропускать газ по различным контурам: направлять газ в колонну как сверху вниз, так снизу вверх. Кроме того установка снабжена калорифером 12, позволяющим менять температуру воздуха, подаваемого в колонну (от

комнатной до $\sim 100^\circ\text{C}$), и увлажнителем 13 для увеличения относительной влажности входного воздуха до 95%.

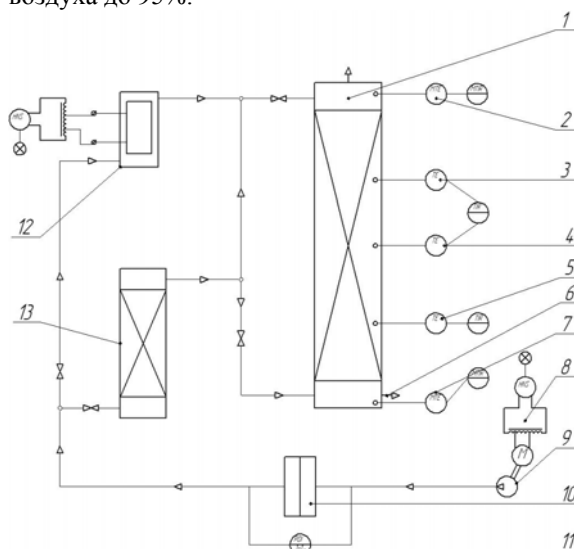


Рис. 1 – Схема лабораторной установки

Колонна также снабжена датчиками температур 3-5, позволяющими измерять температуру слоя, т.е. по сути отслеживать движение теплового фронта и исследовать его влияние на процесс адсорбции.

Такая гибкая схема позволяет варьировать входные данные и снимать основные характеристики процесса, проводить различные исследования процесса адсорбции, изучать влияние различных параметров на процесс, отслеживать движение фронта адсорбции и определять «время проскока» [3-5].

Технические характеристики установки приведены в таблице 1.

SCADA-система позволяет создавать и хранить базу данных проведенных экспериментов и рисовать по этим данным необходимые графики, причем как по набору сохраненных (архивных) данных, так и в режиме реального времени, что позволяет всесторонне и тщательно проводить исследования и своевременно отслеживать процессы, происходящие в колонне (в слое адсорбента).

Таблица 1 - Технические характеристики установки

Габаритные размеры рамы, ВхШхГ, мм	1750х1050х450
Питание	220В/50Гц
Потребляемая мощность, кВт, не более	3.3
Температура окружающего воздуха, °С	+5÷40
Относительная влажность окружающего воздуха (при температуре воздуха +25 °С), %, не более	80
Расход воздуха макс., м ³ /с	0.05
Относительная влажность воздуха на входе в колонну, %	0÷100
Температура воздуха на входе в колонну, °С	0÷100
Рабочий диапазон измерения влажности, %	0÷100
Рабочий диапазон измерения температуры, °С	0÷150
Масса, кг, не более	50

На рисунке 2 приведена выходная кривая – зависимость концентрации водяного пара в воздухе от времени на выходе из колонны. На рисунке виден так называемый «момент проскока», момент времени, когда концентрации на выходе перестает быть постоянной и начинает расти.

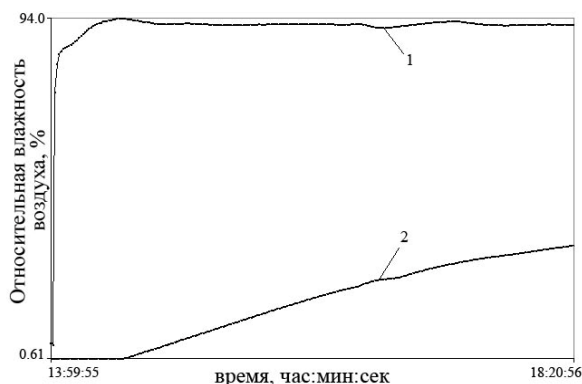


Рис. 2 – Зависимость относительной влажности воздуха от времени: 1 – на входе в колонну; 2 – на выходе из колонны

На рисунке 3 приведены кривые, соответствующие изменению температуры в различных точках слоя от времени. По рисунку можно отследить движение теплового фронта, а также температурные «пики», соответствующие

прохождению теплового фронта через сечение, в котором установлен температурный датчик.

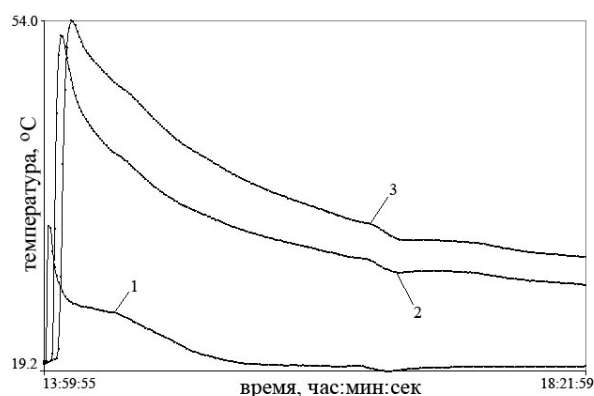


Рис. 3 – Зависимость температуры в различных точках слоя адсорбента от времени: 1 – на входе в слой; 2 – на расстоянии 150 мм от входа; 3 – на расстоянии 300 мм от входа

Кроме того, в колонну может быть помещен другой адсорбент. Специально подобранная воздушодувка позволяет работать со слоем силикагеля до 1 м, причем со слоем менее 0.5 м при подаче воздуха снизу – исследовать процесс в режиме псевдоожижения.

Также кроме процесса адсорбции установка позволяет исследовать процессы десорбции и сушки.

Созданная установка открывает большие возможности для исследования процесса адсорбции как совмещенного процесса тепло- и массообмена. Также данная установка используется в учебном процессе для проведения лабораторных работ со студентами.

Литература

1. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 3-е изд., стереотипное. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 496 с.
2. Рудобашта, С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. – М.: Химия, 1980. – 248 с.
3. Кельцев, Н.В. Основы адсорбционной техники. 2-е изд. перераб и доп. — М., Химия, 1984. — 592 с.
4. Нуруллина Е.Н. Вестник Казанского технологического университета, 15, 9, 179-181 (2012).
5. Каримов Р.Р., Шулаев М.В., Емельянов В.М., Гадельшина Г.А. Вестник Казанского технологического университета, 1, 99-102 (2004).