

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 66.048.3.069.833

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-8-303-43-46

А. Б. Голованчиков, Н. А. Прохоренко

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ЗАГРУЗКИ-ВЫГРУЗКИ НАСАДОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕПЛОМАССООБМЕННОЙ КОЛОННЕ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: pahp@vstu.ru, natasha292009@yandex.ru

Существующие конструкции массообменных насадочных колонн обладают существенным недостатком: сложностью и длительностью загрузки и замены насадочных контактных устройств: колец Рашига, седел Берля, седел Инталокса и др. Проблема усугубляется большими затратами времени при упорядоченной укладке элементов насадки в массообменную колонну. Использование в колоннах регулярной насадки (плоскопараллельной, гофрированной, сотовой, проволоочной) чаще всего является экономически невыгодным, из-за чего в промышленности чаще всего используют именно нерегулярную насадку, а именно керамические кольца Рашига. Поэтому разработка автоматизированного способа загрузки и выгрузки контактных насадочных устройств в массообменную колонну сможет найти широкое распространение в химической и нефтехимической промышленности, так как позволит значительно сократить время, закладываемое на замену насадки, что приведет к уменьшению простоя оборудования.

Ключевые слова: теплообменная колонна, контактные устройства, насадка, кольца Рашига, нерегулярная и упорядоченная укладка, ректификация, абсорбция, годовая стоимость эксплуатации

A. B. Golovanchikov, N. A. Prokhorenko

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR LOADING AND UNLOADING PACKED CONTACT DEVICES IN HEAT AND MASS-EXCHANGE COLUMN

Volgograd State Technical University

Existing designs of mass-exchange packed columns have a significant drawback: the complexity and duration of loading and replacing the packed contact devices: Raschig rings, Berl seats, Intalox seats, etc. The problem is aggravated by the large time costs of orderly laying of the packing elements in the mass-exchange column. The use of regular packing (plane-parallel, corrugated, honeycomb, wire) in columns is most often economically unprofitable, which is why irregular packing, namely ceramic Raschig rings, is most often used in industry. Therefore, the development of an automated method for loading and unloading contact packing devices in a mass-exchange column can be widely used in the chemical and petrochemical industries, as it will significantly reduce the time allocated for replacing the packing, which will lead to a decrease in equipment downtime.

Keywords: heat and mass transfer column, contact devices, nozzle, Raschig rings, irregular and orderly installation, rectification, absorption, annual cost of operation

Наибольшее распространение в химической промышленности получили насадочные массообменные колонны из-за простоты устройства и относительно низкого гидравлического сопротивления. Пониженное гидравлическое сопротивление по газовой фазе обуславливает преимущественное использование насадочных ап-

паратов в абсорбции и ректификации, так как на транспортировку газовой (паровой) фазы через аппарат приходится значительные энергетические затраты, что ограничивает использование в абсорбции барботажных аппаратов [1, 2].

Насадочные массообменные аппараты чаще всего используются с противоточной или сме-

шанной структурой потоков, близкой к модели идеального вытеснения, это обеспечивает наибольшую движущую силу массопередачи, что и приводит к высокой производительности колонны [3].

В массообменной колонне (абсорбционной, ректификационной или экстракционной) насадка укладывается на опорные решетки. Для укладки насадки в колонну предусмотрены погрузочные и разгрузочные люки. Высота слоя (секции, сегмента) насадки определяется тремя факторами: необходимо равномерное орошение насадки; если насадка изготовлена из хрупких материалов (керамики, пластмассы), нижние слои насадки могут быть раздавлены весом насадки; высота слоя насадки ограничена прочностью опорной решетки [4, 5].

Основным и главным недостатком насадочных массообменных колонн является их большие объемы, из-за чего возникает проблема внутренней укладки насадочных контактных устройств. Также необходимо отметить, что существующие на данный момент конструкции массообменных насадочных колонн обладают еще одним существенным недостатком: сложностью и длительностью загрузки и замены насадочных контактных устройств (колец Рашига, седел Берля, седел Инталокса и др.), особенно в промышленных колоннах большой высоты и диаметра. Особенно данная проблема усугубляется по затратам времени при упорядоченной укладке элементов насадки.

Широкого применения в промышленности насадки с индивидуальной укладкой не получили, так как это резко увеличивает трудоемкость и себестоимость монтажа. Поэтому решение проблемы автоматизированной загрузки и выгрузки контактных устройств в массообменную колонну имеет большое значение [4].

Регулярная насадка с регулируемой укладкой состоит из отдельных элементов (кольца, треугольные призмы с постоянным или переменным по высоте сечением), которые укладывают в корпусе колонны слоями. Для упрощения монтажа такой насадки отдельные элементы могут быть предварительно собраны в контейнеры автоматическими манипуляторами, которые затем устанавливают в корпус колонны [5].

Целью данной работы является разработка способа уменьшения затрат времени и трудоемкости за счет внедрения автоматизированной системы загрузки и замены элементов регулируемой упорядоченной насадки внутри массообменной колонны.

Объектом автоматизации является насадочная массообменная колонна, в которой АСУ ТП включает в себя: подсистему сбора данных о ходе проведения массообменного процесса (датчики температуры, давления, весовой датчик) и подсистему стабилизации температуры [6].

Одним из разработанных способов, как отмечалось выше, является установка нерегулярной регулируемой насадки в собранные заранее цилиндрические емкости с перфорированным днищем-решеткой под насадку (рис. 1). В цилиндрическую емкость насыпаны в навал или упорядочено установлены в ряды насадочные контактные устройства. Наружный диаметр цилиндрической емкости d_n составляет 0,95–0,97 от диаметра колонны D_k , а высота 1,05–1,1 высоты насадки в колонне. В верхней части цилиндрической емкости 2 жестко прикреплены три или четыре монтажные петли 7, позволяющие легко вытаскивать и опускать цилиндр 2 автоматизированным манипулятором внутрь корпуса колонны 1. Также внутри колонны установлен автоматизированный комплекс динамического управления орошения насадки массообменной колонной.

Недостатком разработанного автоматизированного способа является невозможность опускания в колонну последующих слоев слоя насадки.

Данная проблема может быть решена за счет выполнения цилиндра в форме овала (рис. 2). Установка последующего слоя насадки в овалах цилиндра 4 на опорные кольца 2, позволит быстро вынимать насадку путем поворота (рис. 2). Цилиндр, минуя опорные кольца и манжету, будет полностью, выходить из колонны, что позволяет быстро проводить процесс очистки или полной замены колец Рашига, из-за чего колонна меньше будет простаивать на ремонт.

Установка последующего слоя насадки в овалах цилиндра 4 на опорные кольца 2, позволит быстро вынимать насадку путем поворота (рис. 2). Цилиндр, минуя опорные кольца и манжету, будет полностью, выходить из колонны, что позволяет быстро проводить процесс очистки или полной замены колец Рашига, из-за чего колонна меньше будет простаивать на ремонт.

Еще одним способом решения проблемы загрузки-выгрузки контактных устройств, может быть установка с помощью автоматизированного манипулятора цилиндров внутрь колонны один над другим (рис. 3). В данном случае необходимо под каждым цилиндром с насадкой устанавливать датчик веса, для предотвращения возможных нагрузок на корпус аппарата, а также температуры.

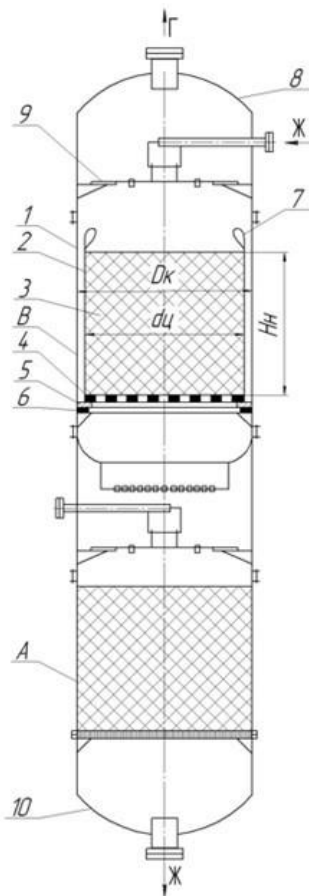


Рис. 1. Насадочная массообменная колонна предлагаемой конструкции:

1 – корпус колонны с внутренним диаметром D_k ; 2 – цилиндрическая емкость с наружным диаметром d_u ; 3 – насадка; 4 – решетка под насадку; 5 – прокладка; 6 – кольцо опорное; 7 – петля монтажная; 8 – крышка с патрубками выхода газа и входа жидкости; 9 – распределительная тарелка для подачи жидкости на насадку; 10 – днище с патрубком отвода жидкости; А – типовая засыпка насадки в исчерпывающей части колонны; В – предлагаемая установка цилиндрической емкости с насадкой

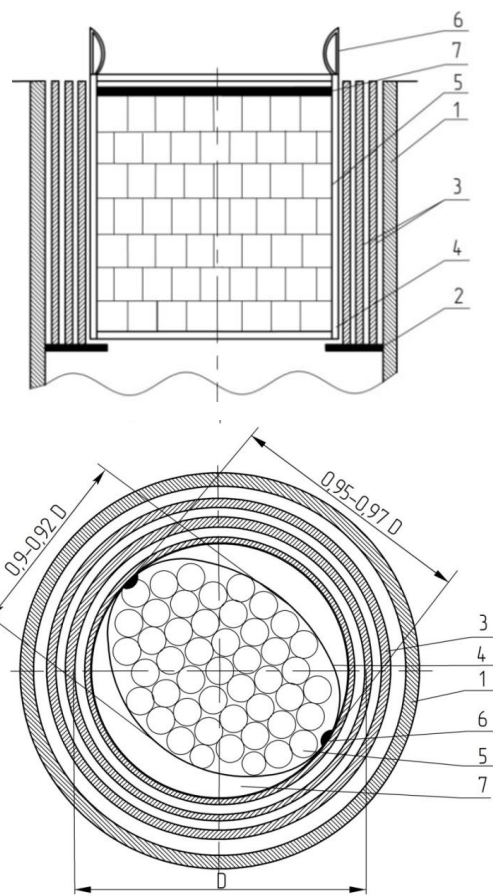


Рис. 2. Разработанная конструкция массообменной кольцевой колонны:

1 – внешний корпус, с внутренним диаметром D ; 2 – опорные полукольца; 3 – открытые вертикальные цилиндры (3 шт.); 4 – центральный цилиндр, выполненный в форме овала, большая ось которого соответствует 0,95–0,97 от диаметра ближайшего вертикального цилиндра массообменной колонны, а меньшая ось составляет 0,9–0,92 от диаметра ближайшего вертикального цилиндра колонны; 5 – кольца Рашига; 6 – крючки; 7 – манжета, выполненная из эластичного материала (например, резины)

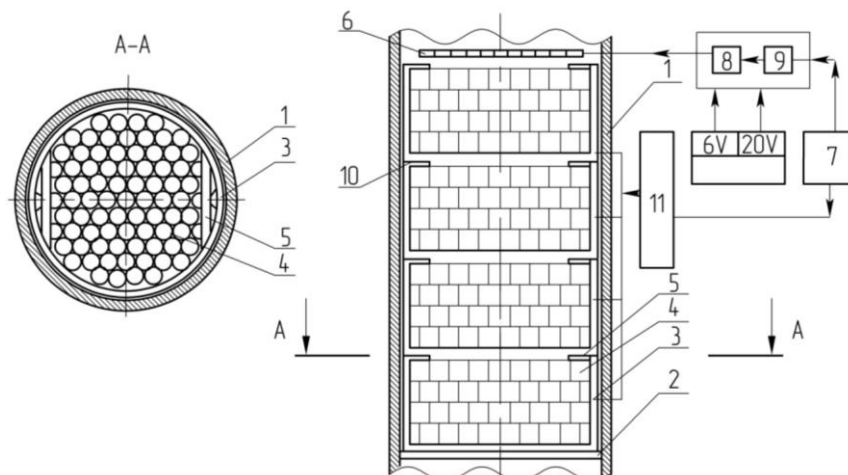


Рис. 3. Предлагаемая массообменная колонна:

1 – корпус колонны; 2 – опорное кольцо; 3 – цилиндр; 4 – кольца Рашига; 5 – крючки; 6 – управляемый распределитель жидкости с электромагнитными клапанами; 7 – компьютер с ПО управления распределителем жидкости температуры; 8 – усилитель; 9 – модуль дискретного управления LTR42; 10 – датчик веса и температуры; 11 – коммутирующий модуль датчика веса и температуры [6]

Также необходимо отметить, что использование данного автоматизированного способа приведет к возможности уйти от внедрения в колонну погрузочных и разгрузочных люков. Регулируемую укладку колец Рашига в цилиндры можно проводить за счет внедрения в технологические линии роботизации (автоматический манипулятор), что приведет: к повышению производительности труда, уменьшению издержек производства, исключению влияния человеческого фактора, при проведении монотонных работ, требующих высокой точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лантев, А. Г.* Эффективность явлений переноса в каналах с хаотичными насадочными слоями : монография / А. Г. Лантев, Т. М. Фарахов, О. Г. Дударовская. – Спб. : Страта, 2016. – 214 с.
2. *Павлов, К. Ф.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Альянс, 2013. – 576 с.
3. *Касаткин, А. Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – 10-е изд. стереотип., доработ. – М. : ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.
4. *Сокол, Б. А.* Насадки массообменных колонн / Б. А. Сокол. – Москва, 2009. – 298 с.
5. *Голованчиков, А. Б.* Моделирование процесса в насадочной ректификационной колонне с диффузионной структурой потока по жидкой фазе / А. Б. Голованчиков, Н. А. Прохоренко // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 14 (178) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – С. 8–12.
6. *Павленко, А. Н.* Автоматизированная система управления распределителем жидкости дистилляционного исследовательского стенда со структурированной насадкой / А. Н. Павленко, В. Е. Жуков [и др.] // Автометрия. – 2017. – Т. 53, № 1. – С. 19–25.