



ИННОВАЦИОННЫЙ ЭЛЕМЕНТ НАСАДКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕДАЧИ

INNOVATIVE PACKING ELEMENT FOR ENHANCED MASS TRANSFER PROCESSES

Ланкин Роман Игоревич¹, Францкевич Виталий Станиславович², Ян Ян³,
Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич⁴

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: roman1471@icloud.com, orcid.0009-0009-9356-094X

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: fvs2@tut.by, orcid.0000-0002-4126-8850

³Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь,

⁴Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Республика Узбекистан,
e-mail: haasbek1952@gmail.com, orcid.0000-0002-2868-3144

Аннотация: Развитие промышленности неизбежно ведет к увеличению объемов производства, что, в свою очередь, приводит к росту количества промышленных выбросов, попадающих в атмосферу. Для удовлетворения растущего спроса на товары и материалы, современные заводы и производственные предприятия оснащаются мощными технологическими системами и высокоэффективным оборудованием. Одной из наиболее важных задач, стоящих перед промышленным сектором, является необходимость эффективной очистки и очистки отходящих промышленных газов. Правильная обработка и фильтрация этих промышленных выбросов жизненно важна для извлечения ценных компонентов из отходящих потоков, а также для защиты окружающей среды от вредного загрязнения и загрязнения. Одним из широко используемых в химической и других отраслях промышленности типов оборудования являются насадочные колонны. Эти колонны используются для различных процессов массообмена и теплообмена, таких как абсорбция, ректификация, экстракция, а также для охлаждения газов и жидкостей. Среди различных конструкций насадочных колонн, особое распространение получили аппараты с подвижной или псевдооживленной насадкой. В данной работе предлагается конструкция инновационного элемента насадки, предназначенного для интенсификация массообменных процессов. Кроме того, в статье рассматривается способ расположения впадин на поверхности элементов сферической насадки, а также исследуется толщина водяной пленки на поверхности таких элементов.

Annotation: The development of industry inevitably leads to an increase in production volumes, which, in turn, leads to an increase in the amount of industrial emissions entering the atmosphere. To meet the growing demand for goods and materials, modern factories and production enterprises are equipped with powerful technological systems and highly efficient equipment. One of the most important tasks facing the industrial sector is the need for effective cleaning and purification of exhaust industrial gases. Proper treatment and filtration of these industrial emissions is vital for extracting valuable components from the exhaust streams, as well as for protecting the environment from harmful pollution and contamination. One of the widely used types of equipment in the chemical and other industries is packed columns. These columns are used for various mass transfer and heat transfer processes, such as absorption, rectification, extraction, as well as for cooling gases and liquids. Among the various designs of packed columns, columns with mobile or fluidized packing have become particularly widespread. This work proposes the design of an innovative packing element intended to intensify mass transfer processes. Moreover, the article discusses the method of arranging depressions on the surface of the spherical packing elements, and also examines the thickness of the water film on the surface of such elements.

Ключевые слова: абсорбция, насадка, подвижная насадка, расположение впадин, площадь поверхности, водяная пленка.

Keywords: absorption, nozzle, movable nozzle, location of depressions, surface area, water film.

Введение. Массообменные аппараты с подвижной насадкой являются важным классом оборудования, широко применяемым в различных отраслях промышленности, таких как химическая, нефтехимическая, пищевая и другие. Они используются для осуществления таких массообменных процессов, как ректификация, абсорбция, десорбция, экстракция и многие другие. Данные аппараты играют ключевую роль в реализации эффективных технологических схем разделения и очистки веществ [1].

В массообменных аппаратах с подвижной насадкой процесс массопередачи происходит между двумя фазами (газ-жидкость, жидкость-жидкость) с развитой межфазной поверхностью. Отличительной особенностью этих аппаратов является наличие движущейся насадки, которая способствует интенсификации массообменных процессов за счет увеличения турбулентности потоков и обновления межфазной поверхности. Равномерное распределение точек на поверхности шара является важной характеристикой при проектировании движущейся насадки, поскольку позволяет достичь максимальной эффективности контактирования фаз. Это достигается путем оптимизации формы и размера частиц насадки, а также их расположения внутри аппарата [2].

Равномерное распределение точек на поверхности шара является важной характеристикой при проектировании движущейся насадки, поскольку позволяет достичь максимальной эффективности контактирования фаз. Существует несколько основных типов массообменных аппаратов с подвижной насадкой, различающихся по типу движения насадки (вращательное, возвратно-поступательное, колебательное), конструкции корпуса (колонного, тарельчатого, контактного типа) и другим параметрам [3, 4].

Подробное рассмотрение особенностей конструкции, принципа действия и областей применения данных аппаратов, с учетом равномерного распределения точек на поверхности шара, является целью данной работы.

Методы исследования и полученные результаты. Насадка для массообменных процессов представляет собой сплошную сферу, в которой расположены впадины в форме полусфер, количество которых зависит от величины диаметра шара, измеряемого в миллиметрах. Глубина таких впадин варьируется в пределах 0,08–0,095 от диаметра шара, также измеряемого в миллиметрах, а расстояние между которыми 0,3–0,7 диаметров впадин [5].

Проведенные исследования показывают в предложенной насадке что гидравлическое сопротивление меньше по сравнению с гладким шаром одинакового диаметра.

В исследуемой конструкции для увеличения площади контакта жидкой фазы с газом в качестве насадок использовались шары с впадинами, запатентованной конструкции [5]. Предложенный элемент насадки представлен на рисунке 1.

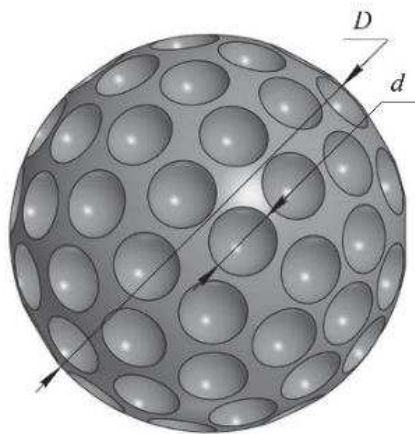


Рисунок 1. Шар со впадинами

Важной задачей в исследовании было определить способ равномерного расположения впадин на поверхности сферической насадки. Для этой цели была использована сферическая система координат.

Применение сферической системы координат позволило разработать методику организации впадин на поверхности шарового элемента насадки таким образом, чтобы они были распределены равномерно. Это имело важное значение для обеспечения оптимального увеличения эффективной площади поверхности, доступной для массообменных процессов.

При распределении впадин было выбрано 9 уровней, через каждые $\pi / 8$ рад. На I уровне координаты, на которых располагаются впадины, будут записаны следующим образом:

$$r = R \quad \theta = 0 \quad \varphi = 0 \quad (1)$$

На II и последующих уровнях:

$$r = R \quad \theta = \frac{\pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{6} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 5 \quad (2)$$

$$r = R \quad \theta = \frac{\pi}{4} \quad \varphi = \frac{\pi}{11} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 10 \quad (3)$$

$$r = R \quad \theta = \frac{3 \cdot \pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{14} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 13 \quad (4)$$

$$r = R \quad \theta = \frac{\pi}{2} \quad \varphi = \frac{\pi}{15} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 14 \quad (5)$$

$$r = R \quad \theta = \frac{5 \cdot \pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{14} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 13 \quad (6)$$

$$r = R \quad \theta = \frac{3 \cdot \pi}{4} \quad \varphi = \frac{\pi}{11} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 10 \quad (7)$$

$$r = R \quad \theta = \frac{7 \cdot \pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{6} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 5 \quad (8)$$

$$r = R \quad \theta = \pi \quad \varphi = 0 \quad (9)$$

Анализ в декартовой системе координат показал, что специфическое расположение впадин на поверхности сферической насадки увеличивает общую площадь поверхности по сравнению с гладкой сферической поверхностью. Это объясняется тем, что впадины создают дополнительную площадь поверхности, доступную для контакта между фазами в массообменных процессах, таких как абсорбция, ректификация и экстракция.

Математическое моделирование в декартовой системе координат позволило количественно оценить рост эффективной площади поверхности, достигаемый за счет предложенной конструкции элемента насадки со специальным расположением впадин. Это увеличение площади поверхности является ключевым фактором, обеспечивающим повышение интенсивности и эффективности массообменных процессов в промышленных аппаратах с использованием данного типа насадки.

Зависимость для определения площади впадин на поверхности сферического элемента насадки выглядит следующим образом:

$$S_O = \pi r^2 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot n \quad (10)$$

Общая площадь поверхности шара будет определяться по зависимости:

$$S_{\text{общ}} = 4\pi R^2 + \pi r^2 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot n \quad (11)$$

Данная зависимость будет учитываться в дальнейшем при исследовании процессов массообмена.

Шар с описанными выше параметрами был разработан и распечатан на 3D-принтере, с которым были проведены исследования по выявлению толщины водяной пленки на единичном элементе. Изучение толщины пленки важно для проведения процесса массообмена. Суть эксперимента заключалась во взвешивании шара до и после погружения в жидкость.

В ходе серии испытаний средняя разность масс шара до и после погружения составляла 2,89 грамм. используя эту массу, а также зная плотность воды ($\rho = 1000 \text{ кг / м}^3$), найдем объем жидкости, который остался на шаре (так называемая пленка).

Толщина пленки δ рассчитывалась следующим образом. Используя формулу (10), найдем площадь поверхности шара. Она составляет $S_{\text{общ}} = 7530,96 \text{ мм}^2$.

Используя объем жидкости и площадь поверхности шара, тем самым найдем толщину водяной пленки δ_p , находящейся на шаре после погружения в жидкость. Для шара диаметром 40 мм толщина пленки составляет $\delta_p = 385 \text{ мкм}$.

Вывод. Представленное исследование предлагает инновационную конструкцию элемента насадки для массообменных аппаратов с подвижной (псевдооживленной) насадкой. Ключевыми особенностями предлагаемого элемента является специфическое расположение впадин на поверхности сферической насадки, что направлено на улучшение распределения точек контакта и увеличение эффективной поверхности для процессов массообмена.

Исследование толщины водяной пленки на поверхности шара дает представление о гидродинамическом поведении насадки, что имеет решающее значение для эффективной работы процессов абсорбции, ректификации и экстракции.

В целом, исследование, представляет ценный вклад в оптимизацию массообменных операций, особенно в химической, нефтехимической и других отраслях, где широко используется технология насадочных колонн. Предлагаемый инновационный элемент насадки имеет потенциал для повышения производительности и эффективности различных процессов, основанных на массообмене, что приводит к улучшению производительности, использования ресурсов и защиты окружающей среды.

Список литературы



1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2005. – 752 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
3. Maćkowiak J. Fluid Dynamics of Packed Columns. Principles of the Fluid Dynamic Design of Columns for Gas/Liquid and Liquid/Liquid Systems. – Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – 355 p.
4. Billet R. Packed Towers in Processing and Environmental Technology. Translated by Fullarton J.W. – Weinheim: VCH, 1995. – 382 p.
5. Насадка для массообменных процессов: полез. модель ВУ 13477 / В.С Францкевич, Р.И. Ланкин. – Опул. 20.05.2024

РАСЧЁТ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В КУЗОВ АВТОРЕФРИЖЕРАТОРА CHANGAN

Каримов К.Ф.¹, Закирова Н.С.², Турапов А.У.³

¹Ташкентский государственный технический университет
Узбекистан, e-mail: kudrat_kf@list.ru, [мел. +998903251473](tel:+998903251473)

²Ташкентский государственный технический университет
Узбекистан, e-mail: nzakirovaskt@gmail.com, [мел. +998903288825](tel:+998903288825)

³Ташкентский государственный технический университет
Узбекистан, e-mail: turapovaziz606@gmail.com, [мел. +998997117001](tel:+998997117001)

Аннотация. Детально изучена конструкция предложенных заказчиком минифургонов для транспортировки вакцин. При определенных габаритных размерах, материале и конструкции изоляции, мощности двигателя автофургона установлены температурные режимы во время перевозки грузов с учетом климатических особенностей региона. Согласно имеющимся данным были произведены тепловые расчеты. В результате выполненных расчетов определена холодопроизводительность авторефрижератора.

Ключевые слова: авторефрижератор, коэффициент теплопередачи, теплотехнический расчет, кузов, тепловой поток, холодопроизводительность, холододовая цепь.

Annotation: The design of minivans proposed by the customer for transporting vaccines was studied in detail. With certain overall dimensions, insulation material and design, and engine power of the van, temperature conditions during the transportation of goods are established, taking into account the climatic characteristics of the region. According to available data, thermal calculations were made. As a result of the calculations performed, the refrigerating capacity of the refrigerated truck was determined.

Key words: refrigerated truck, heat transfer coefficient, thermal calculation, body, heat flow, refrigeration capacity, cold chain.

Введение. Безопасное хранение вакцин является важнейшим компонентом защиты пациентов от болезней. Правильное хранение вакцин является неотъемлемой частью обеспечения качественного ухода за пациентами. Для поддержания эффективности вакцины необходимо поддерживать холододовую цепь вакцины. Согласно CDC, холододовая цепь для вакцин представляет собой среду с регулируемой температурой, используемую для хранения и распространения вакцин в оптимальных условиях. Он начинается с производителя и заканчивается местом введения вакцины. Если холододовая цепь вакцины не поддерживается, вакцина потеряет эффективность и станет неэффективной. Транспортирование и хранение вакцины на всем протяжении от производителя до потребителя должно осуществляться в соответствии с принципами «холододовой цепи».

Оборудование, предназначенное для транспортировки и хранения вакцины должно обеспечивать заданный температурный режим в течение всего времени транспортирования и хранения при любой допустимой степени загрузки с учетом колебаний температуры в течение года в конкретной климатической зоне.