

твердых частиц – это предлагаемые меры для продления срока службы данного теплообменного оборудования.

Литература

1. Boyer R, Welsch G, Collings EW. Materials properties handbook: titanium alloys. Materials Park (OH): ASM International; 1994.
2. Chen, F. J., Yao, C., Yang, Z. G. (2014). Failure analysis on abnormal wall thinning of heat-transfer titanium tubes of condensers in nuclear power plant Part I: Corrosion and wear. *Engineering Failure Analysis*, 37, 29–41.
3. Yang, Z. G., Gong, Y., Yuan, J. Z. (2012). Failure analysis of leakage on titanium tubes within heat exchangers in a nuclear power plant. Part I: Electrochemical corrosion.
4. Romanovski, V., Frantskevich, V., Kazlouski, V., Kasach, A., Paspelau, A., Hedberg, Y., Romanovskaia, E. (2020). Inappropriate cleaning treatments of stainless steel AISI 316L caused a corrosion failure of a liquid transporter truck. *Engineering Failure Analysis*, 117, 104938.
5. Covington L. C. (1979). The influence of surface condition and environment on the hydriding of titanium. *Corrosion*, 35(8), 378–382.

УДК 66.021.3

Мытько Д.Ю., Вайтехович П.Е.
(БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗИГЗАГООБРАЗНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРИРОВАННОЙ НАСАДКИ НА ВЕЛИЧИНУ ОТНОСИТЕЛЬНОГО БРЫЗГОУНОСА В МАССООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Определение уноса проводилось на экспериментальной установке с диаметром массообменной колонны – 150 мм. Нами было сконструировано и изготовлено на 3D-принтере по три вида зигзагообразной насадки с длиной стороны ячеечного канала 12 мм, 17 мм, 22 мм. Далее будем использовать их следующие условные обозначения: 3-12; 3-17; 3-22 [1]. Основные пакеты насадки высотой 300 мм были набраны из трех равных секций. Для определения количества унесенной жидкости на расстоянии 500 мм над насадкой устанавливался гравитационный сепаратор с отбойником. В дополнительной серии опытов в структуру насадки вносилось два изменения. Первое заключалось в том, что отдельные ее секции раздвигались с образованием между ними

дополнительного сепарационного пространства высотой 40 мм, а второе отличалось уменьшением общей зоны сепарации до 400 мм.

Варьируемыми параметрами в процессе экспериментов являлись скорость газа и плотность орошения, значения которой q , $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ задавались: $3 \cdot 10^{-3}$; $3,6 \cdot 10^{-3}$ и $4,3 \cdot 10^{-3}$.

Относительная величина брызгоуноса u , $\text{г}/\text{м}^3$ определяется по формуле [2]:

$$u = \frac{m}{\tau \cdot V}$$

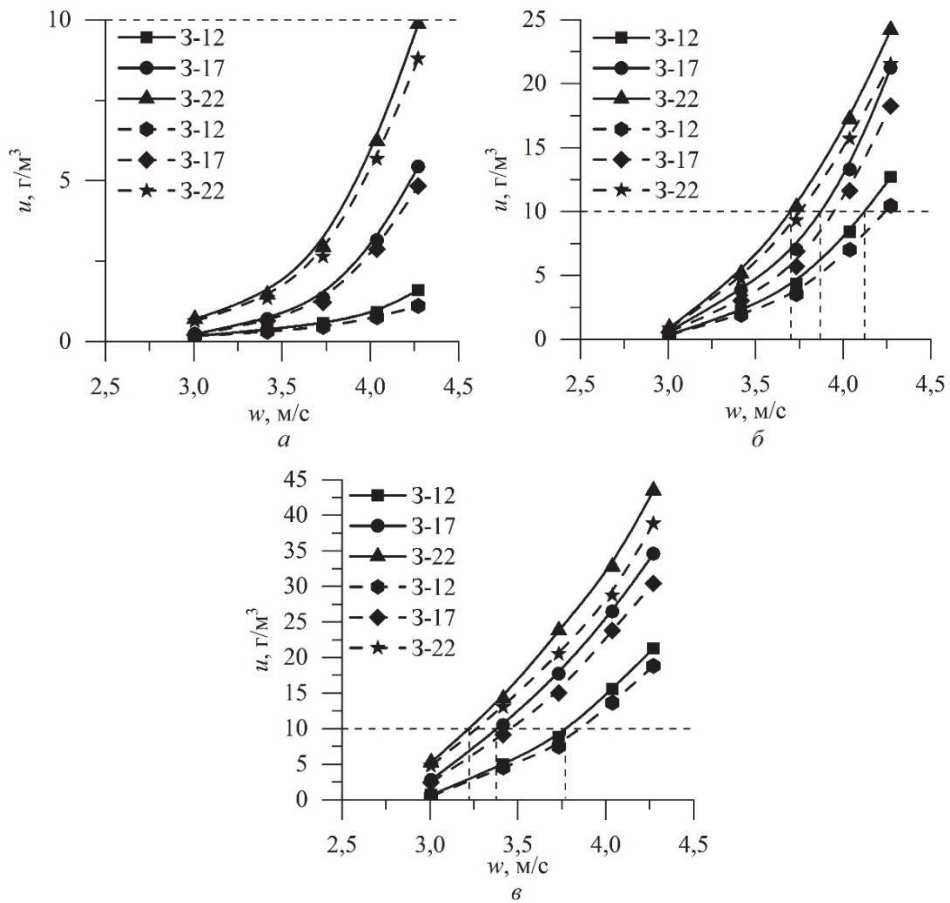
где m – масса жидкости, уловленная сепаратором, г; τ – время, с; V – объемный расход газа, $\text{м}^3/\text{с}$.

Часто при исследовании уноса вводится его максимально допустимая величина. Например, для тарельчатых массообменных аппаратов межтарельчатый унос допускается до 10%. С учетом того, что в литературе по изучению регулярно-структурированных насадок не указан предел по допустимому уносу из насадочного аппарата, то такая величина будет просто недопустима. На наш взгляд в указанных аппаратах можно ограничиться однопроцентным уносом, как граничным для верхнего предела устойчивой работы по скорости газа [3, 4].

На рисунке 1 представлены графические зависимости изменения относительного брызгоуноса жидкости u , $\text{г}/\text{м}^3$ из массообменного аппарата с блоком зигзагообразной регулярно-структурированной насадки от средней скорости газам в колонне w , $\text{м}/\text{с}$. Сплошной линией обозначена зависимость для цельного блока, штриховой – для пакета с дополнительным сепарационным пространством.

Из рисунка 1 (а, б, в) видно, что величина относительного брызгоуноса возрастает с увеличением средней скорости газа в колонне. Причем для всех вариантов насадки его изменение описывается степенной функцией. При уменьшении размера ячейки унос снижается. Объяснение этому может быть дано только после детального изучения пленочного течения жидкости в каналах насадки, которое намечается провести в ближайшей перспективе. Установка насадки с дополнительным сепарационным пространством способствует уменьшению уноса, но не очень значительно.

На рисунке 2 представлены графические зависимости изменения относительного брызгоуноса жидкости u , $\text{г}/\text{м}^3$ из массообменного аппарата с цельным блоком регулярно-структурированной насадки от средней скорости газа w , $\text{м}/\text{с}$, при плотности орошения $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Сплошной линией обозначена зависимость для блока с высотой зоны сепарации 500 мм, пунктирной – 400 мм.



**Рисунок 1 – Относительный брызгоунос жидкости при трех плотностях орошения (при $H = 500$ мм):
 $a - 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$; $b - 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$; $v - 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$**

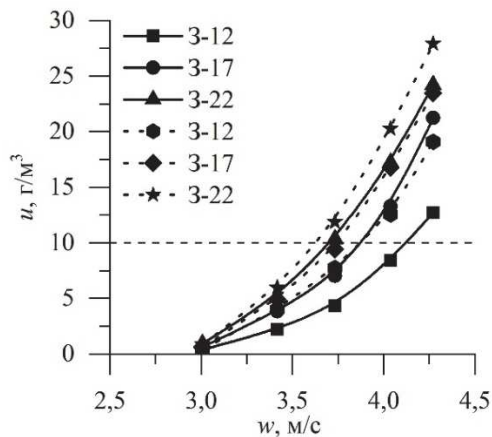


Рисунок 2 – Относительный брызгоунос жидкости при плотности орошения $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$

Из рисунка 2 видно, что при изменении сепарационного пространства над сплошным блоком насадок с 500 до 400 мм величина относительного брызгоуноса возрастает.

Литература

1. Мытько Д. Ю., Вайтехович П. Е. (2021), Гидродинамика и эффективность регулярно-структурированных зигзагообразных насадок, Химическая технология и техника: материалы 85-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с международ. участием), Минск, 2021, С. 56–58.
2. Бальчугов А. В., Шевель С. О., Бадеников А. В. (2020), Применение метода наименьших квадратов для обработки результатов экспериментов по определению брызгоуноса в слое насадки, Высокие технологии, наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации, Пенза, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», 2020, С. 102–105.
3. Рамм, В.М. (1976), Абсорбция газов, Москва, Химия, 656 с.
4. Каган А. М. (2013), Контактные насадки промышленных тепло-массообменных аппаратов: монография, Казань, Отечество, 454 с.

УДК 621.926

Боровский Д.Н., Козловский В.И., Гребенчук П.С.
(БГТУ)

ПОМОЛ СТЕКЛОБОЯ В МЕЛЬНИЦАХ С ШАРОВОЙ ЗАГРУЗКОЙ

Утилизация и переработка минерального сырья, в частности отходов стекла, является актуальной задачей в различных отраслях промышленности. Переработанное стекло легко возвращается в производственный цикл при изготовлении различных видов листового и бутылочного стекла, теплоизоляционного волокна и иных строительных материалов на его основе. Помимо экономии сырья, введение стекловолокна в состав стекольной шихты снижает ее температуру плавления и уменьшает время варки, что позволяет экономить до 10% электроэнергии, затрачиваемой на процесс.

Стекло относится к высокоабразивным материалам средней прочности, не меняющим своих свойств с увеличением влажности. По данным предыдущих исследований тонкое измельчение таких материалов целесообразно проводить в мельницах различных конструкций с шаровой загрузкой [1–3].

Целью экспериментальных исследований являлось получение максимального выхода продукта фракцией 40÷100 мкм. Эффективность помола оценивалась по фракционному составу, который был получен