

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ РЕГУЛЯРНО-СТРУКТУРИРОВАННЫХ НАСАДОК

Одним из перспективных направлений модернизации массообменных аппаратов является установка в них в качестве контактных устройств регулярных структурированных насадок [1]. Это подтверждено в работе [2] авторов данной статьи. В ней приведены результаты исследований эффективности массопередачи эталонной насадки в виде колец Рашига и трех структурированных насадок. Эти исследования проводились в абсолютно одинаковых условиях при идентичных геометрических и технологических параметрах. И хотя эксперименты по эффективности показали преимущества одной из регулярных насадок, их нельзя считать вполне адекватными. Этот вопрос можно объективно решить только при реализации технико-экономического сравнения.

В качестве критерия оптимизации контактных устройств использовался коэффициент экономической эффективности

$$E_э = \pm \left( 1 - \frac{\min \text{ПрЗ}_i}{\min \text{ПрЗ}_э} \right). \quad (1)$$

где  $\text{ПрЗ}_i$ ,  $\text{ПрЗ}_э$  – приведенные затраты на проведение процесса абсорбции  $i$ -го и эталонного контактного устройства, руб./т.

Знак «плюс» означает экономическую целесообразность применения  $i$ -го контактного устройства по сравнению с эталонным.

Под приведенными затратами понимается сумма затрат, приходящихся на единицу продукции. Например для процесса абсорбции приведенные затраты

$$\text{ПрЗ}_i = Э_3^c + Э_3^п + K_3. \quad (2)$$

где  $Э_3^c$  – эксплуатационные затраты на подачу сырья руб./т.;  $Э_3^п$  – эксплуатационные затраты на подачу поглотителя руб./т.;  $K_3$  – капитальные затраты, руб./т.

Такая методика может быть использована на стадии экспериментальных исследований, когда сравниваются контактные устройства с большой разницей в допустимых скоростях газовой фазы [3]. В результате

этого существенно изменяется диаметр аппарата, а значит металлоемкость и капитальные затраты.

В данной работе сравниваются различные виды насадок с небольшим интервалом по расходным характеристикам, в частности по скорости газовой фазы. Поэтому капитальные затраты будут оставаться неизменными. В приложении к экспериментальным исследованиям затраты на подачу поглотителя (воды) также не значительны. Все вышесказанное свидетельствует о возможности проводить технико-экономическое сравнение различных видов насадок только по затратам на подачу газа.

Таким образом, мы приходим к известному и широко используемому критерию, называемому удельными энергозатратами

$$J = \frac{N}{Q}, \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{м}^3}. \quad (3)$$

где  $N$  – мощность, затрачиваемая на подачу газа, Вт;  $Q$  – расход газа (производительность),  $\text{м}^3/\text{с}$ .

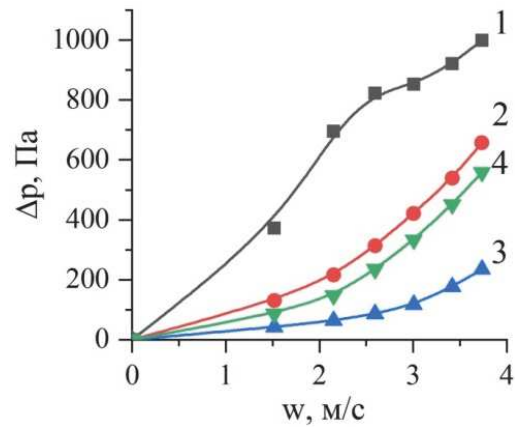
Этот критерий связывает два основных количественных параметра, характеризующих работу машины (аппарата). Но на энергозатраты оказывает влияние и качественный параметр процесса массопередачи, в качестве которого выступает его эффективность. Это в определенной мере степень приближения к идеальному результату (к равновесию). Эффективность массопередачи  $E \leq 1,0$  выражается в долях или процентах.

Мощность, затрачиваемая на перемещение сплошной среды (газа),  $N = p \cdot Q$ , где давление  $p \geq \Delta p$ , которое должно быть больше гидравлического сопротивления  $\Delta p$ . С учетом этого и эффективности массопередачи, выражение (3) для удельных энергозатрат примет вид:

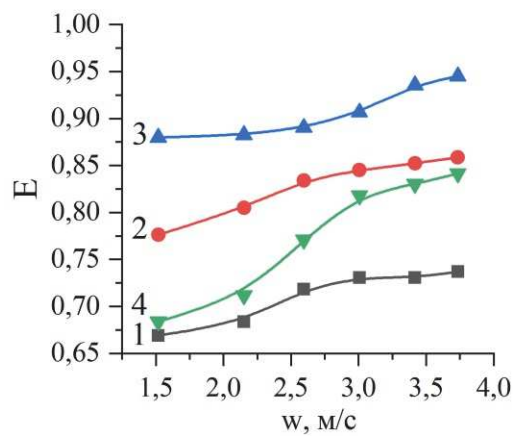
$$J = \frac{\Delta p}{E}, \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{м}^3}. \quad (4)$$

Причем, несмотря на сокращение параметра  $Q$ , единицу измерения удельных энергозатрат можно оставить в неизменном виде.

Данные по изменению эффективности массопередачи и гидравлического сопротивления (рис. 1, 2) от скорости газа для различных видов насадок при одной (средней) плотности орошения  $q = 0,0036 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , получены нами в предыдущей работе [2]. Они определялись при десорбции  $\text{CO}_2$  из воды.

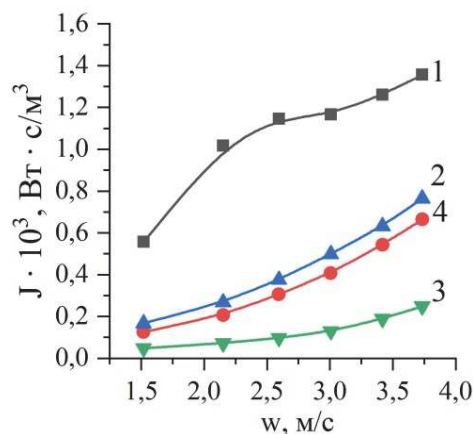


**Рисунок 1 – Гидравлическое сопротивление регулярных насадок:  
1 – сотовая; 2 – кольца Рашига; 3 – зигзагообразная; 4 – волнообразная**



**Рисунок 2 – Эффективность массопередачи для регулярных насадок:  
1 – сотовая; 2 – кольца Рашига; 3 – зигзагообразная; 4 – волнообразная**

Удельные энергозатраты рассчитывались по формуле (4). Их изменение от скорости газа показано на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Удельные энергозатраты регулярных насадок:  
1 – сотовая; 2 – кольца Рашига; 3 – зигзагообразная; 4 – волнообразная**

Наши исследования и расчеты показали, что зигзагообразная насадка имеет лучшие технико-экономические показатели по сравнению с другими. Она характеризуется меньшим гидравлическим сопротивлением и более высокой эффективностью. Более того, все указанные параметры изменяются плавно без резких скачков во всем диапазоне изменения скоростей газа, что свидетельствует о стабильности режима работы зигзагообразной насадки. Следовательно конструкцию данного типа можно считать наиболее выгодной и использовать для проведения дальнейших исследований.

### Литература

1. Каган А. М., Лаптев А. Г. Контактные насадки промышленных теплообменных аппаратов: монография. – Казань: Отечество, 2013. – 454 с.

2. Вайтехович П. Е., Мытько Д. Ю. Сравнительный анализ эффективности регулярных насадок для массообменных аппаратов // Труды БГТУ. 2020. № 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. С. 44–49.

3. Вайтехович П. Е. Разработка и исследование вихревых массообменных аппаратов: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. Минск, 1982. 211 с.

УДК 621.926

**Боровский Д.Н., Гребенчук П.С., Гарабажиу А.А.**  
(Белорусский государственный технологический университет)

### **ПОМОЛ СТЕКЛОБОЯ В ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

В последнее время наиболее актуальной задачей в различных отраслях промышленности является переработка и утилизация отходов стекла. 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.