

О.М. ФІЛЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХП»,
П.В. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХП»,
В.Ф. МОЇСЄВ, канд. техн. наук, НТУ «ХП»

ВИЗНАЧЕННЯ БРИЗКОВІДНЕСЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ГРАНИЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО КОНТАКТНОГО ПРИСТОЮ

В статті досліджено роботу комбінованого контактної пристрою що працює в режимі підвищеної турбулізації і складається із регулярної рулонної насадки в комбінації із провальними дірчастими тарілками. Розглянуто вплив швидкості руху газу, щільності зрошення, площі вільного перетину решіток та діаметру решіток на бризковіднесення та визначені параметри граничного режиму роботи комбінованого контактної пристрою. По результатам дослідження виведені розрахункові формули

В статье исследована работа комбинированного контактного устройства что работает в режиме повышенной турбулизации и состоит из регулярной рулонной насадки в комбинации с провальными дырчатыми тарелками. Рассмотрено влияние скорости движения газа, плотности орошения, площади свободного пересечения решеток и диаметра решеток, на брызгоунос и определены параметры предельного режима работы комбинированного контактного устройства. По результатам исследования выведены расчетные формулы

In the article work of the combined contact device is investigational that works in the mode of enhanceable turbulization and consists of regular roll attachment in combination with failure hole piattis. Influence of rate of movement of gas, closenesses of irrigation, areas of the free crossing of grates and diameter of grates, is considered, on entrainment the parameters of the maximum mode of operations of the combined contact device are certain. On results research calculation formulas are shown out

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науково-практичними завданнями.

Важливою характеристикою для колонних апаратів є бризковіднесення. [1, 3].

При дослідженні роботи комбінованого контактної пристрою (рис. 1) що працює в режимі підвищеної турбулізації і складається із регулярної рулонної насадки в комбінації із тарілками вдалося отримати однорідну, високотурбулезовану структуру. Це було досягнуто за рахунок скручування газових та рідинних потоків і відповідно рівномірного розподілу по всій площі перетину апарату, нівелювання

розгойдування газорідинного шару, що в свою чергу призвело до зменшення бризків та збільшення поверхні тепломасо-обміну.

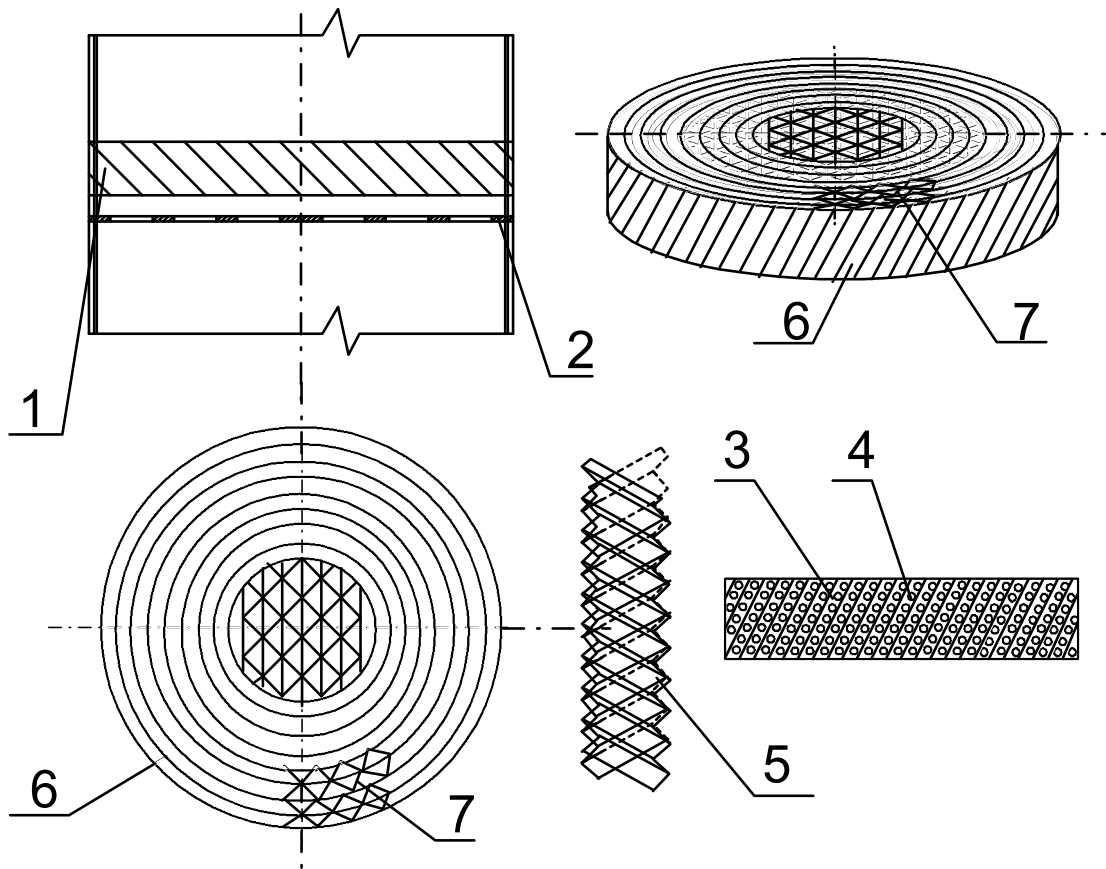


Рис. 1. Загальний вид досліджуваного контактної пристрою з використанням насадки Н1. 1 – регулярна насадка, 2 – дірчаста провальна тарілка, 3 – гофрована перфорована смуга, 4 – отвори, 5 – фрагмент розташування смуг в насадці, 6 – регулярна насадка, 7 – фрагмент розташування закручених смуг

Викладання основного матеріалу дослідження.

Дослідження показали, що висота піни в комбінованому контактному пристрої більша ніж на звичайних тарілках при тотожних параметрах. Оскільки в ККП спостерігалися режими високотурбулізованої газорідинної системи, спостерігалось явище бризковіднесення.

Дослідження бризковіднесення проводилось в залежності від основних параметрів що впливають на газорідинний шар в ККП. До них належать $W_{\tilde{a}}, L_0, S_0, d_e$.

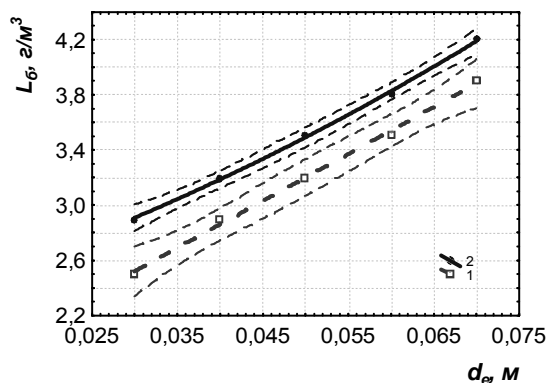


Рис. 2. Залежність питомого бризко-віднесення від еквівалентного діаметру отворів: $L_0 = 5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$,
1 – $S_0 = 0,30 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $W_r = 3 \text{ м/с}$;
2 – $S_0 = 0,40 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $W_r = 3 \text{ м/с}$

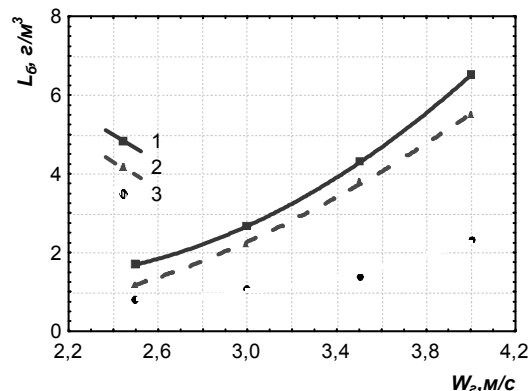


Рис. 3. Залежність питомого бризко-віднесення від швидкості газу:
 $L_0 = 5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, 1 – $S_0 = 0,37 \text{ м}^2/\text{м}^2$,
 $d_e = 0,03 \text{ м}$; 2 – $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$,
 $d_e = 0,03 \text{ м}$; 3 – $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $d_e = 0,03 \text{ м}$ – використання двох насадок Н1

На рис 2. можна побачити, що чим більші отвори в тарілці ККП – тим більше бризковіднесення. Це можна пояснити тим, що при збільшенні отворів відбувається збільшення кінетичної сили, що при взаємодії із насадкою Н1 утворює газові вихори більших діаметрів. Звідси – зростає кінетична енергія всього пінного шару, в результаті чого відбувається відрив крапель.

Значний вплив на бризковіднесення має швидкість газу у вільному перетині (рис 3.). При зростанні швидкості газу до 3,5 м/с верхній шар піни починає розтягуватися, і тим самим під дією кінетичної енергії газу починає руйнуватися.

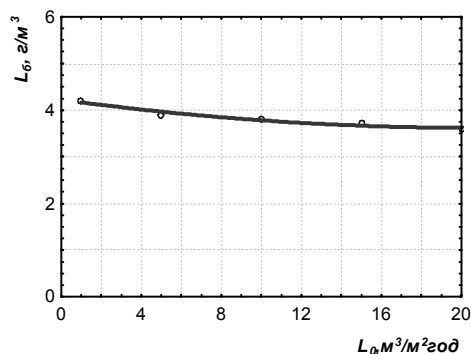


Рис. 4. Залежність питомого бризко-віднесення від щільності зрошення:
 $W_r = 3 \text{ м/с}$; $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $d_e = 0,04 \text{ м}$

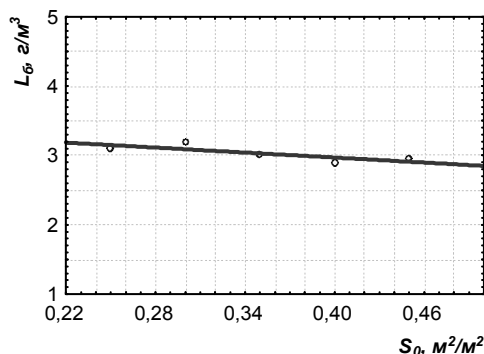


Рис. 5. Залежність питомого бризко-віднесення від площі вільного перетину: $W_r = 3 \text{ м/с}$; $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$,
 $d_e = 0,04 \text{ м}$

На підставі проведених досліджень була розроблена фізична модель виникнення бризковіднесення і отримана розрахункова залежність. Відмітною особливістю отриманих розрахункових залежностей являється те, що вони дозволяють визначити величину бризковіднесення і дозволяють застосувати отримані залежності для широкого кола умов роботи ККП з насадкою Н1.

Аналіз процесів, що відбуваються в ККП, дозволив розробити наступну фізичну модель формування бризковіднесення:

- утворення крапель рідини відбувається при дробленні крапель рідини в отворах тарілки, ламелях насадки Н1 та при руйнуванні крупних і дрібних газових агрегатів та бульбашок в верхній частині пінного шару;

- частина крапель, діаметр яких менше діаметру витаючих крапель, відноситься потоком повітря, складаючи собою частину віднесення, що транспортується;

- ті краплі, діаметр яких більше діаметру витаючих крапель, повертаються на ККП і беруть участь у формуванні пінного шару;

- невелика частина крапель сепарується, але в цілому закономірності дроблення крапель визначаються процесами взаємодії потоків газу і рідини в отворах тарілки і ламелях регулярної насадки Н1.

Отже, кількісна величина бризко віднесення описується наступним емпіричним рівнянням, г/м^3 :

$$L_{\dot{a}} = 0,12 W_{\dot{a}}^{2,25} d_y^{0,36} S_0^{-0,18} \quad (1)$$

При встановленні регулярної насадки в верхній частині шару, заглибленої на 15 см спостерігалось значне скорочення бризків, оскільки газорідинний потік мав повторне скручування та напрям газу і рідини під кутом до апарату.

Величина бризковіднесення на крупно дірчастих решітках з використанням двох насадок Н1 описується наступним рівнянням, г/м^3 ,

$$L_{\dot{a}(2)} = 0,18 W_{\dot{a}}^{1,65} d_y^{0,45} S_0^{-0,20} \quad (2)$$

Отже, проаналізувавши рівняння 1, 2, можна зробити висновок, що найбільший вплив на бризковіднесення в ККП має швидкість газу у вільному перетині, навіть при подвійній стабілізації пінного шару. Похибка при розрахунках бризковіднесення за рівняннями 1, 2 складає $\pm 15\%$.

При дослідженні провалу рідини в ККП з насадкою Н1 спостерігали рівномірне стікання рідини по всій площі тарілки. Це обумовлено конструкцією насадки Н1, яка створює рівномірно направлений рух газорідинної системи на полотні тарілки, завдяки закручуванню потоків навколо осі апарату та завдяки рівномірному розподілу газорідинної системи.

Точно встановити в якому саме отворі відбудеться протікання рідини не вдалося, воно носило випадковий характер. Стікання рідини в отворах тарілки залежить від багатьох перемінних [1, 2]: швидкості газу в повному перетині апарату і отворах тарілки, висоти початкового шару рідини, діаметру отворів та їх форми, вільного перетину тарілки, товщини тарілки, фізичних властивостей рідини та газу, висоти піни та інше. При вивченні граничних режимів роботи ККП було встановлено, що виникнення газорідинного шару в комбінованому контактному пристрої відбувається при більш високих швидкостях газу в порівнянні із звичайними дрібнодірчастими і крупнодірчастими провальними тарілками.

З підвищенням щільності зрошування відбувається зменшення швидкостей газу, при яких на тарілках виникає газорідинний шар. Збільшення вільного перерізу тарілок призводить до пропорційного зростання нижніх граничних швидкостей газу. Ріст верхньої межі роботи при підвищенні вільного перерізу тарілок відстає від зростання нижньої межі роботи. Це пояснюється тим, що виникнення газорідинного шару в ККП і перехід від струменевого режиму до режиму вільної турбулентності визначається процесами, що відбуваються а отворах перфорації, а верхня межа роботи обмежується інтенсивним бризковіднесенням. В цьому випадку значну роль грає і швидкість газу в апараті.

Аналіз літературних даних показав, що для розрахунку нижньої межі роботи апарату можливе використання відомого рівняння авторів

роботи [3, 4], модифікованого нами :

$$W_0 = 0,145 \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{0,5} S_0 (1 - \tau) \quad (3)$$

де S_0 – вільний перетин тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^2$; ρ_L, ρ_G – щільності рідини та газу, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ – доля перетину отворів яка зайнята рідиною що стікає, $\text{м}^2/\text{м}^2$; $K = 0,145$ – емпіричний коефіцієнт в ККП що враховує режим вступу в роботу.

З представлених на рис. 6 даних видно, що використання насадки Н1 значно зменшує швидкості газу, що відповідають нижній межі роботи крупнодірчастих провальних тарілок. Це пояснюється тим, що наявність стабілізатора сприяє рівномірному розподілу потоків газу і рідини по перерізу апарату і, найголовніше, перешкоджає байпасній течії їх потоків.

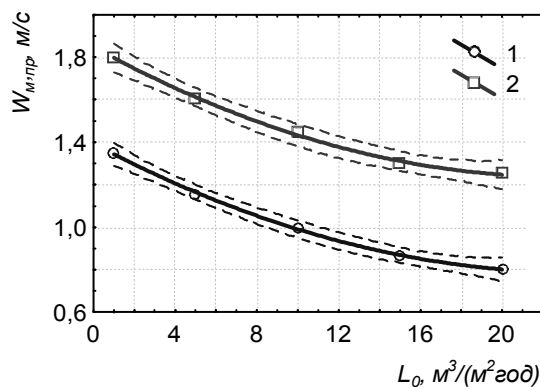


Рис. 6. Залежність критичної швидкості від щільності зрошення в ККП: 1 – при $\kappa=0,185$, 2 – $\kappa=0,145$. $d_0 = 0,04\text{м}$.

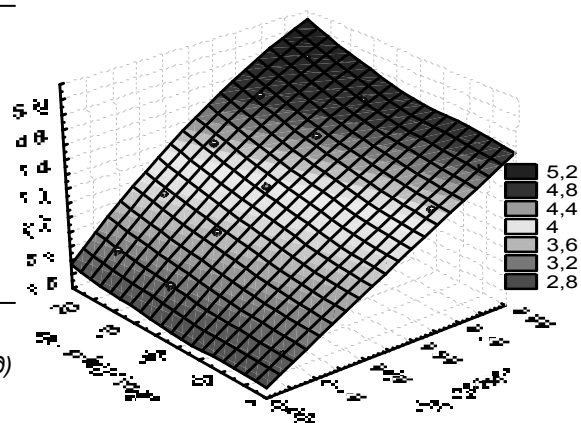


Рис. 7 Залежність верхньої межі роботи комбінованого контактного пристрою від вільного перетину тарілки: $d_0 = 0,04\text{м}$, L_0 : 1–5 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$, 2–15 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$, 3 – 20 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$

Виявлено, що верхня межа роботи досліджуваного типу тарілок залежить від вільного перерізу тарілок і щільності зрошування. Причому підвищення щільності зрошування і швидкості газу призводить до зростання верхньої межі роботи.

Приведені на рис 6. дані свідчать про те, що з ростом щільності зрошування верхня межа роботи трохи збільшується, а зростання вільного перерізу також призводить до підвищення верхньої межі роботи.

Для визначення верхньої межі роботи було отримано емпіричне рівняння, справедливе для системи вода-повітря і систем близьких до цієї системи по фізико-хімічних властивостей:

$$W_0 = 5S_0^{0,45}L_0^{0,12} \quad (4)$$

де L_0 – щільність зрошування, $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год})$; S_0 – вільний переріз тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^2$.

Приведені на рис. 7 дані свідчать, що граничні швидкості газу можуть досягати 4...5,5 м/с, що говорить про високу продуктивність цієї конструкції апарату по газу. Похибка при розрахунках брызговіднесення за рівняннями 3, 4 складає $\pm 15\%$.

Висновки.

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень гідродинамічних характеристик роботи комбінованого контактного пристрою було: описано механізм формування брызговіднесення в комбінованому контактному пристрої та отримані емпіричні залежності; отримані емпіричні залежності для визначення нижньої та верхньої межі роботи комбінованого контактного пристрою.

Список літератури: 1. Пенный способ обработки газов и жидкостей./ М.Е. Позин, И.П. Мухленов, Е.С. Тумаркина и др. Труды ЛТИ им. Ленсовета. – Вып.31. – Л.: Госхимиздат, – 1955. – 258 с. 2. Zenz T.A., Stone L., Crane M. Hydrocarbon Process, – 1967, v. 46, № 12, p. 138–142. 3. Л.Е. Сум-Шук. / Газосодержание и высота барботажного слоя на беспереливных тарелках. // Химическая промышленность, – 1968. – № 2, – С.146 – 149. 4. Шарафиев А.Ш. Гидродинамика и массообмен на крупнодырчатых провальных тарелках со стабилизатором газожидкостного слоя активного типа.: автореф. дис. на получение научн. степени канд.техн.наук: спец 05.17.08. «Процессы и оборудование химической технологии» / А.Ш. Шарафиев, [ЮКГУ]. – Х., – 2000. – 27 с.

Надійшла до редколегії 11.06.12