

Колонні апарати з регулярною насадкою є перспективним типом обладнання, яке дає можливість здійснювати процеси масообміну при мінімальних енергетичних витратах на підведення в апарат газової фази. Порівняно з апаратами, що заповнені насипною (нерегулярною) насадкою, гідравлічний опір цих апаратів майже на порядок нижчий, а швидкість руху газової фази, тобто пропускна спроможність за газом, у 3–4 рази вища. Апарати можуть працювати в широкому діапазоні тисків і витрат, характеризуються малою тривалістю перебування продуктів, мають низьку затримувальну здатність, що свідчить про перспективність розширення застосування їх у харчовій промисловості.

Першою з регулярних насадок була плоскопаралельна насадка (ППН), складена з вертикальних листів, розміщених з кроком 10...16 мм паралельно один одному. Основним недоліком цієї насадки та інших регулярних насадок, сконструйованих на її основі, є значна висота одиниці перенесення маси у рідкій фазі h_{ox} , яка приблизно у два рази перевищує цей показник для насипних насадок.

По поверхні плоских листів рідина стікає тонкою плівкою, а газ рухається у каналах між листами, контактуючи з плівкою вздовж її поверхні. Плівка стікає у ламінарних хвильових режимах, тому перемішування рідкої фази і перенесення в ній речовини відбувається уповільнено. Для інтенсифікації масовіддачі у рідкій плівці потрібно підвищити інтенсивність перемішування в ній рідини, але зробити це

потрібно так, щоб не спричинити значного зростання гідравлічного опору, що є головною перевагою регулярних насадок.

Доцільним конструктивним варіантом досягнення вказаної мети виявилось перфорування плоских листів насадки видовженими в горизонтальному напрямку отворами із зубчастими верхніми краями [1]. Зубці виконують так, щоб забезпечити зміну плівкової течії на краплино-плівкову. На зубчастих отворах плівка руйнується, потовщується й утворює окремі краплі або струмінці, що стікають з кожного звислого вниз зубця. Потовщення плівки й утворення крапель супроводжується додатковим перемішуванням рідини, сприяючи інтенсифікації масовіддачі в рідкій фазі.

Дослідження регулярної насадки із зубчастими отворами (НЗО) засвідчило [2], що в разі незначного підвищення гідравлічного опору ефективність масовіддачі в рідкій фазі зростала на 20...30%. Збільшення гідравлічного опору НЗО пояснюється додатковою шорсткістю каналів, всередині яких рухається газова фаза, внаслідок зависання і потовщення рідини на верхніх краях отворів і утворення крапель. При цьому додаткова енергія, пов'язана із зростанням гідравлічного опору, витрачається не марно, а на підвищення ефективності міжфазного контакту і перемішування рідини. Краплі утворюються завдяки енергії гравітаційної сили.

Експериментальні спостереження показали, що в НЗО недостатньо використовується ефект додаткового перемішування рідини в момент ударів крапель, що падають на нижні краї отворів листової насадки. Листи мають товщину 0,6...1,0 мм, а діаметр крапель становить 3...4 мм, внаслідок чого краплі, що впали на нижні краї отворів, не розплющуються повною мірою, а переважно перерізаються навпіл листами насадки, що мало сприяє додатковому перемішуванню всередині рідини. Підсилити розплющення крапель, що подають, можна, якщо потовщити кромки нижніх країв отворів [3]. Але нерівномірна товщина листів (збільшена біля нижніх країв отворів) ускладнює виготовлення листів і доцільна лише в умовах організації великосерійного виробництва насадок.

У насадок з тонкометалевого листа постійної товщини для кращого розплющування крапель, що падають, запропоновано ділянки листів між нижніми краями отворів робити гофрованими у горизонтальному напрямку з виконанням подвійного гофра Z-подібної форми. Утворилась насадка із зубчастими отворами і гофрами (НЗОГ) [4]. Сумарна висота виступів гофрів у праву і ліву сторони від площини листа приймається сумірною з діаметром падаючих крапель, тобто 3...4 мм. Збільшення цього розміру спричинює необґрунтоване збільшен-

ня гідравлічного опору насадки, а зменшення - зниження ефекту розплющення крапель.

Порівняльні дослідження ППН, НЗО і НЗОГ проведено на холодному експериментальному стенді перерізом 200x200 мм на системі повітря - розчин вуглекислого газу, у якій основний опір процесу масообміну зосереджений у рідкій плівці. Результати досліджень наведено на рис. 1...3.

На рис. 1 показано залежність гідравлічного опору одиниці висоти насадки $\Delta P/l$ від відносної швидкості повітря $W_{г.в}$ при щільності зрошування 0,01 ... 0,104 кг/(м · с); це відповідає значенням чисел Рейнольдса плівки, що стікає по ППН, від 41 до 416. Течія плівки рідини досліджувалась у першому і другому ламінарних хвилювих режимах, які можна трактувати як перехідну зону від ламінарної до турбулентної течії.

Найменший гідравлічний опір має ППН, що цілком відповідає малим витратам на тертя у разі проходження газу через гладенькі канали між рівними листами насадки.

Зрошування насадки зумовлює зростання її опору як внаслідок зву-

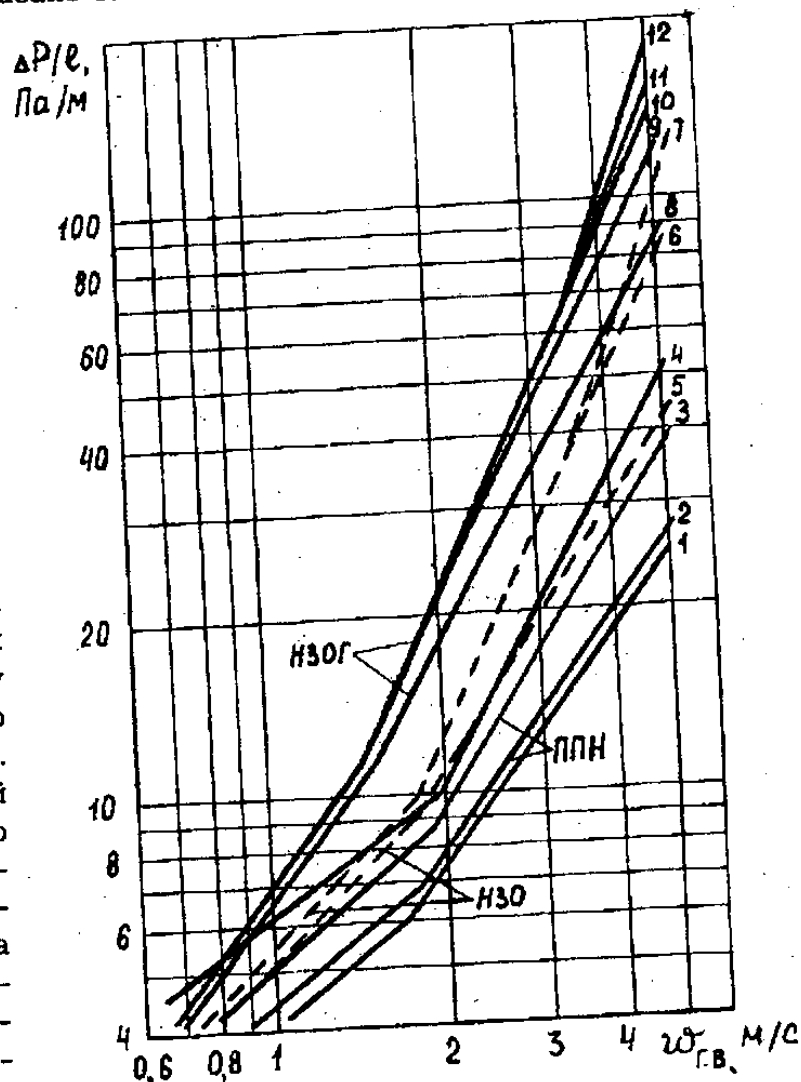


Рис. 1. Гідравлічні опори насадок:

1 - 4 - ППН: 1 - суха; 2 - 4 - зрошувані при Γ , кг/(м · с): 2 - 0,011; 3 - 0,034; 4 - 0,104; 5 - 7 - НЗО: 5 - суха; 6 - 7 - зрошувані при Γ , кг/(м · с): 6 - 0,026...0,045; 7 - 0,06...0,104; 8 - 12 - НЗОГ: 8 - суха 9 - 12 - зрошувані при Γ , кг/(м · с): 9 - 0,011; 10 - 0,034; 11 - 0,06; 12 - 0,104

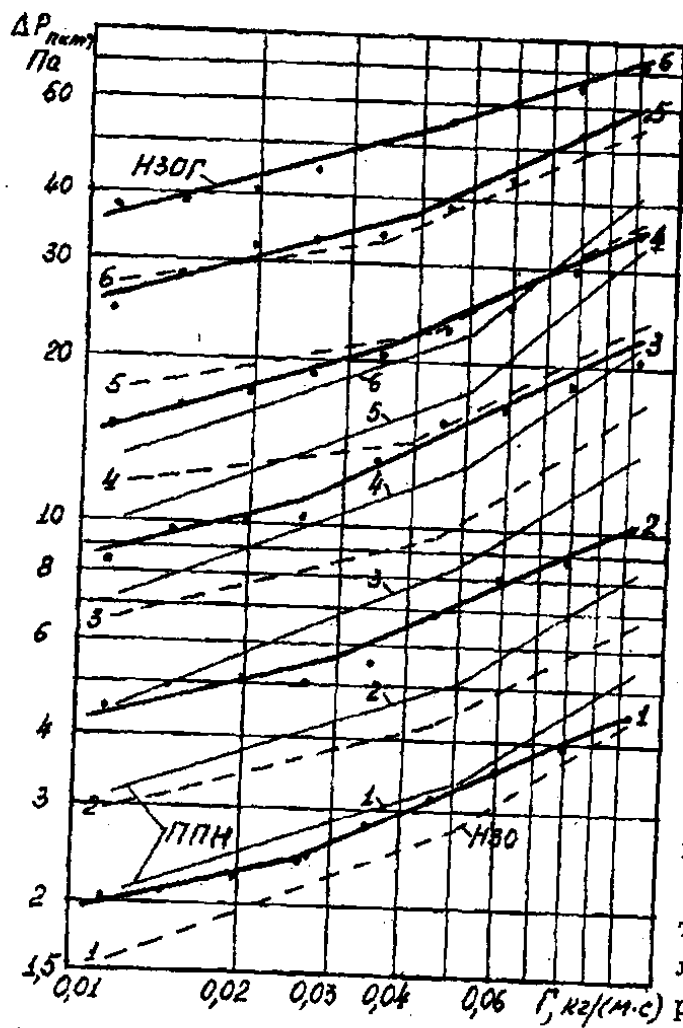


Рис.3. Залежність питомого гідравлічного опору насадок $\Delta P_{\text{гид}}$ від шільності зрошування Γ при витратах повітря Q , $\text{м}^3/\text{год}$: 1 – 100; 2 – 200; 3 – 300; 4 – 400; 5 – 500; 6 – 600. Тонкі лінії підвищення масові- характеризують ППН, штрихові – НЗО, основні – НЗОГ

спостерігається лише при краплинно-плівковій течії рідини. Перехід до течії струменями при збільшенні Γ супроводжується різким погіршенням розподілу рідини і відповідним зниженням ефективності масообміну.

Висновки. Отже, при масовіддачі в рідкій фазі у разі застосування регулярних насадок, перфорованих зубчастими отворами, гідравлічний опір використовується найдоцільніше порівняно з іншими насадками відомих типів. У цих насадках зведено до мінімуму некорисні втрати гідравлічного опору на розширення і звуження газова-

Більш високі значення $\Delta P_{\text{гид}}$ НЗОГ цілком природно відповідають швидшому зростанню гідравлічного опору насадки з гофрами, причому зростання $\Delta P_{\text{гид}}$ відбувається швидше, ніж зростання інтенсивності перемішування під впливом дії газового потоку. Близьке розміщення на рисунку відповідних ліній (наприклад, ліній 6) для порівнювальних насадок свідчить про незначні некорисні втрати напору.

Висока ефективність роботи досліджених насадок і раціональна витрата приросту гідравлічного опору на підвищення масовіддачі у рідкій фазі

го потоку та на тертя з незмоченою поверхнею. Це відчить про доцільність використання цих насадок у промисловості.

Оскільки в процесі експлуатації масообмінних апаратів переважною частиною витрат є енергетичні витрати, а частка амортизаційних відшкодувань практично на порядок нижча, то застосування регулярних перфорованих насадок порівняно з нерегулярними є нагальною потребою промисловості. Чим швидше ми замінимо нерегулярні насадки регулярними, тим раніше зменшимо надлишкові енергетичні витрати на експлуатацію насадкових колон.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с.440147 СССР, М.Кл.В0/d53/20. Регулярная пластинчатая насадка/ А.С.Марценюк.-№1858431/23-26; Заявлено 18.12.72; Оpubл.25.08.74, Бюл.№31. – 3 с.

2. А.с.416075 СССР, М.Кл.В0/d53/20. Регулярная насадка для тепло-массообменных процессов/ А.С.Марценюк.-№1770011/23-26; Заявлено 07.04.72; Оpubл.25.11.74, Бюл.№7. – 2с.

3. А.с.1761251 ССР, МКИ В01I19/32. Регулярная насадка для тепло-массообменных аппаратов/ А.С.Марценюк.-№4755992/26; Заявлено 09.11.89; Оpubл.15.09.92, Бюл.№34. – 3 с.

Одержано редколлегією 05. 04. 99 р.