

УДК 66-9

В.П. Шапорев, д-р техн. наук,
М.І. Васильєв

Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут»

ДЕЯКІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ КОНТАКТУВАННЯ ФАЗ

Предложена к рассмотрению модель, которая относится к устройствам взаимодействия между газом и жидкостью и/или между газом и суспензией твердых частиц в жидкости, и может быть использована в химической, нефтехимической и других областях перерабатывающей промышленности. На основании анализа технического результата, который достигается при использовании устройства, сделаны выводы относительно целесообразности использования устройства при рассмотренных условиях.

In article the model offered to consideration which concerns to devices of interaction between gas and a liquid and/or between gas and suspension of firm particles in a liquid, and can be used in chemical, petrochemical and other areas of a process industry. On the basis of the analysis technical result which is reached at use of the device, are drawn conclusions concerning expediency use of the device under the considered conditions.

Вступ

Відомо багато пристроїв взаємодії між газом та рідиною і/або між газом та суспензією твердих частинок у рідині, що використовується в хімічній, нафтохімічній та інших галузях переробної промисловості. Наприклад, пристрій під назвою змішувальна труба [1], який є відрізком труби із встановленими у неї нерухомими пластинковими або гофрованими набивками. Вони розташовані у трубі з різними кутами нахилу та поворотом на 90 градусів один відносно іншого. Змішування рідини та газу відбувається при проходженні пристрою та обтіканні набивки за рахунок постійного розділення на окремі потоки контактуючих фаз. Недоліками даного пристрою є:

- суттєве збільшення гідравлічного опору;
- значна довжина набивки у трубі для досягнення потрібного ступеня змішування;
- можливість заростання та засмічення набивки при роботі.

Іншим прикладом є конструкція пристрою взаємодії між газом та рідиною, що здійснюється при вводі газового потоку в рідину з подальшим його диспергуванням у потоці рідини за рахунок закручування потоків рідини та газу, наприклад, за допомогою лопатевого закручувача і подальшого диспергування газорідинної суміші в контактних ступенях тороїдальних секторів, що утворюють S-подібні канали, з'єднані між собою криволінійними переточними трубами, при цьому газорідинна суміш на виході з контактних ступенів подається в сепаратор [2]. Недоліком наведеного пристрою є те, що обертання газорідинного потоку після лопаток закручувача здійснюється у кільцевому просторі, що має незмінний поперечний та поздовжній перетин, відсутня також зона попереднього змішування перед лопатками, а сепаратор встановлено

над контактним ступенем. Через це не досягається максимальне диспергування газової фази у рідині, газ розподіляється у рідині здебільшого у вигляді струменів і менше у вигляді газових кульок, що призводить до зменшення міжфазної поверхні і збільшення товщини плівки опору масовіддачі на міжфазній поверхні газ – рідина. Крім того, після кожного контактному ступеню не досягається в сепараторі повна дегазація рідини (суспензії), що сприяє розбавленню газу, який подається на наступний контактний ступінь, й зменшенню рухомої сили процесу сорбції.

Задачею моделювання становили підвищення ефективності процесу змішування фаз при контактуванні за рахунок створення зони попереднього змішування газу та рідини перед лопатевим закручувачем, покращення умов змішування, максимального диспергування газової фази у рідині та збільшення міжфазної поверхні.

Результати досліджень

Для вирішення поставленої задачі рекомендовано пристрій для контактування фаз, який складається з контактних ступенів з завихрювачами, які виконано у вигляді тороїдальних секторів, утворюючих S-подібні канали, і з'єднані між собою криволінійними переточними трубами. Сепаратор на виході з контактному ступеню. Перед вводом газорідинного потоку в контактний ступінь потік проходить зону змішування газу і рідини, яка має прискорюючий конфузур, циліндричний патрубок, з встановленим в ньому аксіальним лопатевим закручувачем, та дифузур. При цьому на виході з контактному елементу газорідинна суміш тангенціально вводиться в сепаратор, де дегазується від інертного газу. Профіль конфузору в зоні змішування газу і рідини виконано за функцією синуса.

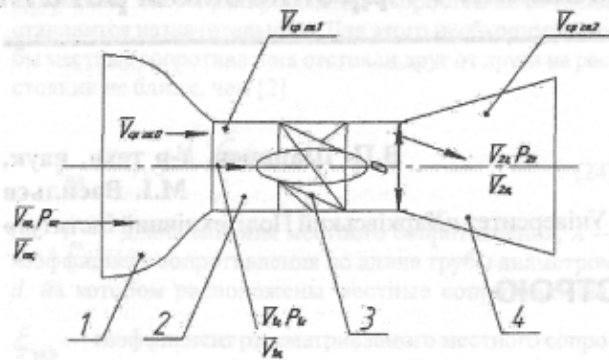


Рис. 1. Трьохзонний завихрювач.

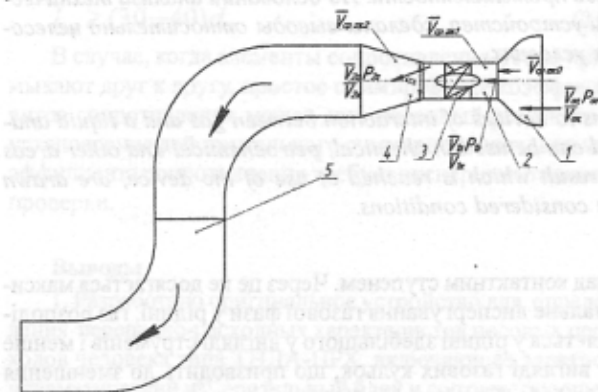


Рис. 2. Контактний ступінь із завихрювачами.

Пристрій складається із трьохзонного завихрювача, завихрювача у вигляді тороїдальних секторів, утворюючих S-подібні канали, з'єднані між собою криволінійними переточними трубами, та сепаратору на виході.

Трьохзонний завихрювач (рис. 1) складається із зони попереднього змішування газу та рідини 1 (конфузора), циліндричної зони 2, де встановлено аксіальний лопатевий закручувач 3, та зони дифузора 4.

Конфузор 1, виконано за функцією синуса, призначений для ліквідації кавітації на стінках. Аксіальний лопатевий закручувач 3 характеризується кількістю лопаток $Z \geq 3$, шириною лопатки H , відносним шагом лопаток H/D , де D — діаметр циліндричної частини 2, кутом встановлення лопаток $\varphi = \arctg(H/\pi D)$, товщиною лопатки \bar{e}_0 . З цими показниками тісно пов'язані гідродинамічні характеристики: коефіцієнт гідравлічного опору, кут закрутки потоку за лопатками α_2 , частота пульсацій f кавітаційних зон.

На рис. 2 показано контактну ступінь із трьохзонного завихрювача та завихрювача у вигляді тороїдальних секторів, утворюючих S-подібні канали, з'єднані між собою криволінійними переточними трубами 5.

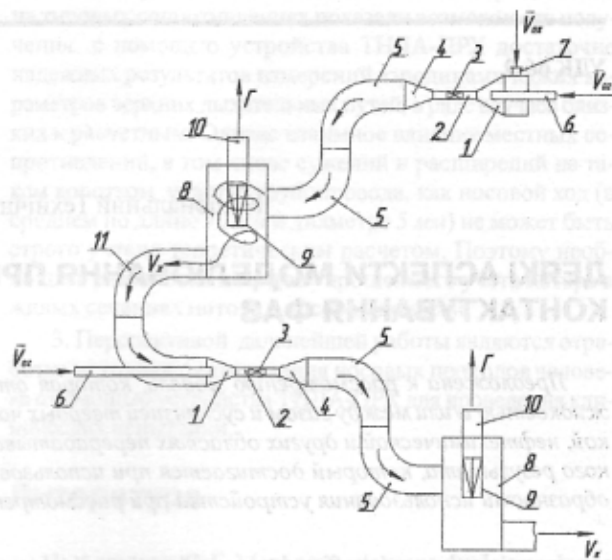


Рис. 3. Установка із двома контактними ступенями.

На рис. 3 зображено схему пристрою (абсорбера), який містить аксіальний лопатевий закручувач 3. Пристрій є набором контактних елементів, які складаються з тороїдальних секторів 5, з'єднаних між собою з утворенням S-подібного каналу, зони змішування газу і рідини 3, сепаратор 8 з конічним закручувачем 9 і вихлопною трубою для відпрацьованого газу 10. Переточний пристрій рідини з одного контактного ступеня на інший виконано у вигляді криволінійної труби 11, патрубка для вводу рідини (або суспензії) 7 та вводу газу 6.

Пристрій працює наступним чином. Похідний розчин, наприклад, водний розчин Na_2CO_3 , надходить у пристрій через патрубок 7. Прямотоком через парубок 6 подається газ вапнякових печей з концентрацією $\text{CO}_2 \sim 40\%$. Після попереднього контакту газу та рідини суміш проходить зону змішування газу і рідини 3, де реалізується фізико-механічна модель процесу диспергування. Високо турбулізований газорідинний потік направляється далі по криволінійних каналах, які складаються з тороїдальних секторів 5, де реалізується додаткове значне підвищення інтенсивності масообміну за фізичних ефектів, що наведені нижче.

Газорідинна суміш на виході з контактного елемента подається в сепаратор 8, де з рідини видаляються інертні гази. Рідинна фаза по криволінійній трубі 11 перетікає на наступний контактний пристрій. При вході рідини на наступний контактний ступінь, який за конструкцією ідентичний першому, через штуцер 6 подається свіжий газ з концентрацією $\text{CO}_2 \sim 40\%$. Процес на наступних ступенях проходить аналогічним чином.

Фізико-механічна модель процесу складається з кількох взаємопов'язаних етапів. Робочий потік (газ та рідина), прискорюючись у конфузори 1, набігає на нерухому крильчатку (аксіальний лопатевий закручувач 3) і обтікає її з утворенням газорідинної суміші у вигляді кульок газу,

розподілених в об'ємі рідини, і утворенням каверн оптимальних розмірів. Каверни нестационарно замикаються за лопатками з утворенням зони кавітаційних кульок. Кавітаційні кульки схлопується з утворенням кумулятивних мікроструменів, які вступають у взаємодію з рідиною і твердими частками. Це явище веде до значної додаткової інтенсифікації процесів змішування і диспергації. При подальшій течії газорідинної суміші у контактному каналі реалізується нестационарний режим з інерційним ефектом гальмування, який характеризується циклічністю гальмування, тобто спостерігається пульсаційний режим, що дозволяє не тільки підтримувати відносно стабільний розподіл газових кульок по об'єму рідини, але й постійно оновлювати міжфазну поверхню та збільшувати міжфазну турбулентність, що суттєво збільшує основні складові процесу масопереносу: коефіцієнти масовіддачі і міжфазну поверхню.

Якщо одного ступеня не досить для завершення процесу хемосорбції, то газорідинна суміш подається після проходження першого ступеня в сепаратор для видалення інертних газів із суміші і при подачі на другий ступінь свіжого газу для підвищення рушійної сили процесу хемосорбції.

Для інтенсифікації видалення інертних газів пропонується тангенційне введення газорідинної суміші в сепаратор 8. Після сепаратора дегазована рідина знову по-

дається на наступний контактний рівень, де вступає в контакт зі свіжим газом, який в основному своєму складі має компоненти, що хемосорбуються рідиною або твердими частками.

Висновки

Використання даного пристрою при проведенні процесів між газом та рідиною підвищить ефективність процесу змішування фаз при контактуванні, за рахунок створення зони попереднього змішування газу та рідини перед аксіальним лопатевим закручувачем, покращення умов змішування, максимального диспергування газової фази у рідині та збільшення міжфазної поверхні.

Пристрій для контактування фаз може бути використаний для проведення процесів між газом та рідиною в хімічній, нафтохімічній та інших галузях переробної промисловості.

Література

1. Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. — М.: Техносфера, 2007. — 656 с.
2. А.с. СРСР № 1619505 А1, МПК В01J19/00.

Надійшла 03.11.2010 р.

