

Лаврова І.О.

**ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ СУЧАСНИХ АБСОРБЕРІВ З РЕГУЛЯРНИМИ НАСАДКАМИ**

В останні роки великий та обґрунтований практичний інтерес проявляється до скрубєрів з регулярними насадочними елементами, що пояснюється їхньою високою пропускною здатністю по газовій фазі, великою питомою поверхнею контакту фаз у сполученні із малим гідравлічним опором. Саме тому ці апарати зараз використовуються в промисловій практиці коксохімічних виробництв для уловлювання бензолних вуглеводнів, сірководню, кінцевого охолодження коксового газу та інш.

Разом з тим, практика експлуатації промислових апаратів з регулярними металевими насадками показала, що їх ефективність часто значно нижча, ніж при випробуваннях у дослідно-промислових умовах [1–2]. Це пояснюється низкою причин, до яких у першу чергу необхідно віднести значно більшу складність розподілу поглинаючу, ніж у базовому варіанті. І навіть якщо досягнутий відносно рівномірний первинний розподіл поглинаючу, його далеко не завжди вдається зберегти по висоті апарату як через місцеві забруднення, корозію, так і через технологічні чинники, що впливають на поверхневе натягіння, змочуваність і т.п.

Для зниження впливу цього вкрай негативного явища зараз є два реальних напрямки, а саме:

– найбільш розповсюджений, що рекомендується теорією “масштабних переходів” [3–4] і пов’язаний з секціонуванням апарату по висоті пристроями для перерозподілу взаємодіючих фаз;

– напрямок, пов’язаний з використанням таких насад очних елементів, які здатні перерозподіляти взаємодіючі газ (пару) та рідину за рахунок конструктивних особливостей [4, 5].

Перший напрямок знайшов певне розповсюдження та розвивається шляхом удосконалення пристроїв для перерозподілу взаємодіючих фаз, що мають цілу низку складних (та інколи суперечливих критеріїв), до яких у першу чергу відносяться:

- рівномірний розподіл зрошуючої рідини по поверхні насад очних елементів;
- мінімальне бризкоутворення;
- надійність у роботі;
- мінімальні втрати напору в зоні установки пере розподільвача;
- мінімальні витрати енергії на розподіл зрошуючої рідини;
- простота пристроїв, їх виготовлення та монтажу;
- сталість роботи у широкому діапазоні навантажень.

Незважаючи на наявність великої кількості найрізноманітніших конструкцій цих пристроїв, великий об’єм експериментальних та теоретичних досліджень, узагальнених у низці монографій [6, 7], це питання далеке від свого розв’язання.

Стосовно насад очних апаратів широке розповсюдження отримали різноманітні конструкції форсуночного типу [7–9], в яких за рахунок тонкого розпилення зрошуючої рідини вдається досягти повноти змочування верхнього шару насадки. Однак, в умовах протитоку, навіть у “тихохідних” апаратах з дерев’яною хордовою насадкою з низькими швидкостями газу, спостерігається великий бризкоуніс, який вкрай небажаний.

В умовах роботи інтенсивних апаратів з регулярними листовими насадками, де середні швидкості газу дорівнюють 3–3,5 м/с, бризкоуніс може досягати значно більших величин [4, 6]. Тому для його локалізації необхідне встановлення ефективних бризковідбійників.

У коксохімічних виробництвах країн СНД на зміну технологічним установкам з дерев'яною хордовою насадкою прийшли установки з регулярними металевими насадками. На низці коксохімічних виробництв України (Авдєєвській КХЗ, «Запоріжжкокс» та «Дніпркокс») експлуатуються установки з скруберами з Z – подібними насадками та форсуночним розподілом поглинального масла [10, 12]. Характерною особливістю цих скрубєрів є застосування укорочених пакетів пласкопаралельної насадки у якості підтримуючих ґрат під насадку і для перерозподілу поглинального масла.

На низці коксохімічних виробництв Росії («Алтайкокс», ТПК «Кокс», АК КХП та інш.) експлуатуються установки із скруберами з пласкопаралельною насадкою, тарільчастим розподілом і проміжним перерозподілом поглинального масла по висоті апарату [11, 12]. Як пристрій для первинного розподілу поглинального масла в них застосована розроблена в УХІНі перфорована тарілка, поміщена в розширювальну камеру [13], а як проміжні перерозподілювачі – вихорові тарілки, аналогічні вживаним Гипрококсом для різних скрубєрів. Умовно назвемо ці установки як варіант 1.

Надалі, на коксохімічних виробництвах України з'явилися варіанти скрубєрів з пласкопаралельною насадкою і новими тарільчастими пристроями для розподілу і перерозподілу газу і поглинального масла.

В якості пристроїв для розбризкування поглинального масла, що перерозподіляється тарілкою, застосовані малонапорні розбризкувачі, рівномірно розташовані в просторі під тарілкою. Для посилення ефекту масопереносу розробниками передбачалося перемішування поглинального масла на тарілці з використанням енергії газового потоку (варіант 2). В умовах реального виробництва з характерною низькою якістю оборотного поглинального масла, що містить велику кількість твердих включень, апарати швидко набирали опір. Так, зокрема, при витраті коксового газу на установку близько 65 тис. м<sup>3</sup>/год і питомій витраті кам'яновугільного поглинального масла 2,2–2,3 л/м<sup>3</sup> газу опір одного скрубєра досягав значень близько 4 кПа. Причому, основне підвищення опору мало місце у верхній розподільній тарілці і верхньому ярусі насадки, а також в нижньому ярусі насадки і первинному розподільнику газу.

Всі згадані вище бензольні установки спочатку розраховувалися на пропускну спроможність по газу близько 100 тис. м<sup>3</sup>/год. У всіх установках тотожна кількість насадки, розміщеної в двох послідовно включених скрубєрах діаметром 3,6 м.

Фактичні показники ефективності розглянутих вище технічних установок з різними елементами внутрішньої структури приведені в таблиці 1.

З даних, представлених в табл. 1, витікає, що технічні установки з пласкопаралельною насадкою по першому варіанту мають вищі показники по продуктивності і ефективності вилучення бензольних вуглеводнів при допустимих втратах напору. Установки з Z – подібними насадками і форсуночним розподілом поглинального масла дещо поступають за показниками ефективності вилучення і сумарними втратами напору.

Обидва ці варіанти мають значні переваги перед другим варіантом з пласкопаралельною насадкою як по ефективності вилучення бензольних вуглеводнів, так і по працездатності установки в цілому.

Однією з основних причин нижчої ефективності установок із скрубєрами з Z – подібними насадками є недостатньо надійна робота первинних розподільників масла (форсунок) і відсутність перерозподілювачів масла по висоті апаратів.

Навіть вдало виконані сучасні форсунки в оптимальному режимі розбризкування поглинального масла мають високу нерівномірність розподілу його по перетину апарату.

При коливаннях витрати рідини ця величина змінюється у бік збільшення. Необхідно відзначити ще один вкрай негативний факт, властивий форсуночному розподілу поглинального масла – підвищене бризкоунесення, зростаюче по мірі збільшення швидкості газу [14].

Для його локалізації в скруберах з Z-подібною насадкою передбачена установка двох бризковідбійників (жалюзійного і циклонного), виконаних разом із корпусом.

Таблиця 1 Основні показники роботи порівнюваних технологічних установок

Показники	Установки із скруберами		
	з пласкопаралеельною насадкою		з Z – подібною насадкою
	варіант 1	варіант 2	
Пропускна спроможність по газу (факт.), тис. м <sup>3</sup> /год.	100–110	50–70	80–90
Витрата кам'яновугільного поглинального масла, м <sup>3</sup> /год.	170–180	150–160	150–160
Температура масла, °С	30	30	30
Залишковий вміст бензольних вуглеводнів в очищеному газі, г/м <sup>3</sup>	3	5–6	4,5
Втрати напору в одному скрубери, кПа	0,8–1	1,7–4*	1,2–1,4

\*Максимальні значення набуті при забиванні вказаних в тексті елементів.

Ці бризковідбійники, як буде показано нижче, є основною причиною підвищених втрат напору. При застосуванні правильно обраних тарільчастих розподільників рівномірність розподілу поглинального масла практично не залежить від витрат в широкому діапазоні навантажень по рідині.

При установці тарільчастого розподільника в розширювальну камеру, де газ оминає тарілку по периферії, втрати напору в місці його установки зведені до мінімуму.

Для з'ясування причин істотної різниці в опорі установок з пласкопаралеельною насадкою (варіант 1) і з Z – подібною насадкою, нами побудовані епюри втрат напору, розраховані по відповідних залежностях, а також заміряні в процесі пусконаладжувальних робіт (рис. 1).

З представлених даних виходить, що як опір установок в цілому, так і опір окремих скруберів визначається втратами напору в допоміжних елементах. Так, для порівнюваних скруберів з пласкопаралеельною насадкою при загальному опорі одного апарату близько 800 Па втрати напору в насадці складають тільки 360–380 Па. Для скруберів з Z-подібною насадкою із загального опору в 1200 Па втрати напору в насадці складають всього лише 470–490 Па. Очевидно, що використання менш енергоємних допоміжних пристроїв дозволить знизити сумарні втрати напору в установці в цілому.

Так, зокрема, використання для первинного розподілу поглинального масла в скруберах з Z-подібною насадкою пристрою з розширювальною камерою дозволить значно знизити втрати напору (на 500–560 Па). У свою чергу, для скруберів з пласкопа-

ралельною насадкою доцільне скорочення перерозподільних пристроїв і їх заміна на менш енергоємні. Зокрема, як пристрої для перерозподілу поглинального масла можуть представляти інтерес вузли перерозподілу, аналогічні тим, що стоять в скруберах з Z-подібною насадкою.

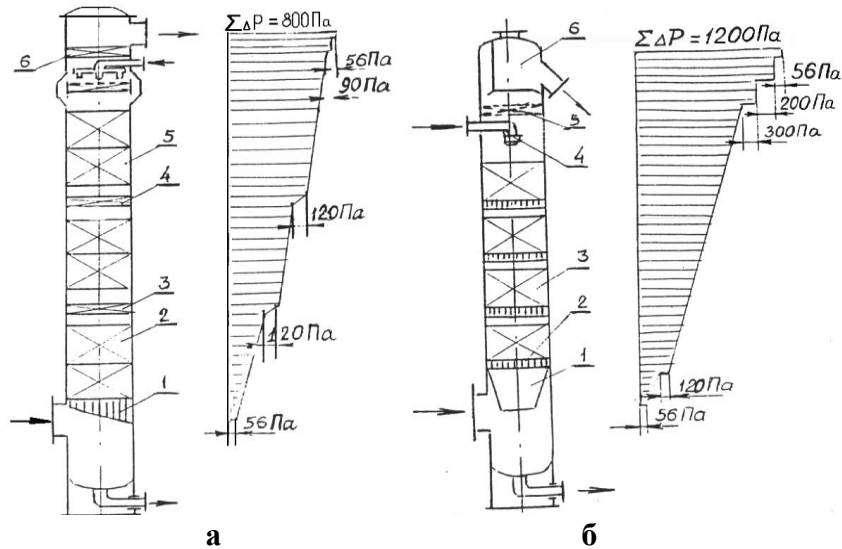


Рисунок 1 – Епюри втрат напору в скруберах з регулярними листовими насадками (а – пласкопаралельною; б – Z-подібною)

1 – розподільник газу; 2,5 – блоки пласкопаралельної насадки; 3,4 – перерозподільні тарілки; 6 – бризковідбійник;

1 – конічний розподільник газу; 2 – підтримуючі ґрати; 3 – блок Z-подібної насадки; 4 – форсунка; 5 – бризковідбійник; 6 – циклонний бризковідбійник

Ще більші можливості в частині значного зниження енергоємності порівнюваних технологічних установок надає перехід на розміщення необхідної поверхні насадки в одному апараті за рахунок зниження кількості пристроїв для входу і виходу газу. Так, зокрема, для установок з пласкопаралельною насадкою можливе зниження втрат напору на 40 %, для установок з Z-подібною насадкою – на 30 %.

Проте, слід підкреслити, що застосування для цих цілей відомих насадок (пласкопаралельна, Z-подібна) приведе до непомірно високих апаратів ( $H \geq 50\text{м}$ ). Це, у свою чергу, ускладнить їх транспортування із заводів-виготівників, поточне обслуговування (ремонт, забарвлення і т.п.). Також необхідно відзначити підвищення витрат на транспортування поглинача нагору апарату.

Тому, для практичної реалізації запропонованих вище напрямків інтенсифікації необхідно застосовувати насадочні елементи, що поєднують характерні для пласкопаралельної і Z-подібної насадок підвищену пропускну спроможність і малі гідравлічні втрати напору з підвищеною ефективністю.

Нашими дослідженнями показано [15], що для вирішення поставленої технічної задачі досягнення ступеню вилучення бензолних вуглеводнів  $\sim 90\text{--}95\%$  в одному технологічному апараті певний практичний інтерес можуть становити об'ємні насадки, в яких усунено низку недоліків, властивих різноманітним варіантам пласкопаралельної та Z-подібної насадок.

Як один з таких пристроїв автори статті можуть запропонувати стільникову насадку [16].

## Литература

1. Масштабный переход в химической технологии / под ред. Розена А.М. – М.: Химия, 1980. – 320 с.
2. Розен А.М. Проблемы теории и инженерного расчета процессов массообмена // Химическая промышленность, 1965. – №2. – С. 5–11.
3. Розен А.М., Крилов В.С. Проблемы масштабного перехода при разработке массообменной аппаратуры // ТОХТ, 1967. – Т1, №3. – С. 297–305.
4. Пленочная тепло- и массообменная аппаратура / Под ред. Олевского В.М. – М.: Химия, 1988. – 239 с.
5. Задорский В.М., Тарат Э.Я., Васина И.В., Одлемберг В.И. Совершенствование конструкций регулярных насадок для промышленных массообменных аппаратов // Журнал прикладной химии, 1982. – Т.IV, №8. – С. 1785–1790.
6. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
7. Головачевский Ю.А. Оросители и форсунки скрубберов химической промышленности. – М.: Машиностроение, 1974. – 193 с.
8. Д.Г. Пажи, А.А. Корягин, Э.Л. Ламм. Распыливающие устройства в химической промышленности. – М.: Химия, 1975. – 198 с.
9. Г.К. Лебедюк, В.С. Галустов, Ю.В. Ковалевский, В.В. Шувалов. Распыливающие устройства в аппаратах газоочистки. Обзорная информация. М.: ЦИНТИХИМНЕФТИМАШ, 1976.–51 с.
10. З.И. Башлай, Е.Л. Волков, Я.Л. Горелик и др. Оборудование для улавливания и переработки продуктов коксования.– М.:Металлург, 1972.– 255 с.
11. Лавров О.И., Бродович А.И., Михайлов Н.Ф. Об интенсификации извлечения бензольных углеводородов в скрубберах с плоскопараллельной насадкой // Отраслевой тематический сборник. – 1978. – №7. – С. 26–30.
12. Лавров О.И., Михайлов Н.Ф., Бродович А.И. и др. Внедрение в промышленную практику технологической схемы извлечения бензольных углеводородов в абсорберах большой единичной мощности // Кокс и химия. – 1986. – №2.– С. 42–44.
13. А.С. № 394069 СССР МК В 01 d 53/18. Массообменный насадочный аппарат для абсорбционных процессов / Петрухно Р.П., Михайлов Н.Ф., Васильев Ю.С. и др.(СССР).
14. Патрикеев В.С. Брызгоунос поглотительного масла из бензольных скрубберов // Отраслевой тематический сборник. – 1978. – №4. – С. 22–26.
15. Лаврова И.О., Шустиков В.И., Лавров О.И. Сравнительная оценка различных технологических установок для абсорбции бензольных углеводородов из коксового газа // Углекислотный журнал. – 2000. – № 3 – 4. – С. 36–40.

УДК 662. 74

Лаврова И.О.

**СНИЖЕНИЕ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ И ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
СОВРЕМЕННЫХ АБСОРБЕРОВ С РЕГУЛЯРНЫМИ НАСАДКАМИ**

Статья посвящена интенсификации процесса абсорбции бензольных углеводородов из коксового газа. Последнее достигается за счет снижения потерь бензольных углеводородов с обратным коксовым газом. Показана возможность и пути дальнейшей интенсификации посредством повышения скорости газовой фазы при ограничении гидравлического сопротивления установки в целом.