



УКРАЇНА

(19) UA (11) 79847 (13) C2
(51) МПК (2006)
B01J 19/32
B01J 10/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) НАСАДКА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРЯМОСТРУМИННОГО РЕАКТОРА

1

(21) а200507319
(22) 24.12.2002
(24) 25.07.2007
(86) PCT/RU02/00557, 24.12.2002
(46) 25.07.2007, Бюл. №11, 2007р.
(72) Жестков Сергей Васильевич, RU, Косирев Владимир Михайлович, RU
(73) Жестков Сергей Васильевич, RU, Косирев Владимир Михайлович, RU
(56) US 4731229, кл. B01J10/00, 12/00, 35/02, 1988.
EP 0585550, кл. B01J19/32, 25/08, 10/00, 1994.
EP 0719583, кл. B01J19/32, B01D3/28, 1996.
WO 0174479, кл. B01J10/00, 19/32, 2001.
RU 2168355, кл. B01J10/00, 19/00, 2001.
(57) 1. Насадка вертикального прямоструминного реактора, що містить горизонтальні перфоровані перегородки і контактні пристрої, заглушені знизу, кожний з яких складається із закріплених своїми верхніми кінцями у горизонтальних опорних ґратах вертикальних опускних і підйомних елементів, причому опускні елементи виконані заглушеними і

2

зверху з вхідними отворами для рідини і газу на бічній поверхні їх верхньої частини, а підйомні елементи мають отвори на опорних ґратах для виходу газорідної суміші, яка **відрізняється** тим, що контактні пристрої мають форму лінійних блоків, які містять рівну кількість опускних і підйомних елементів, що утворені закріпленими до опорних ґрат вертикальною пластиною і щільно з'єднаними з нею по обидва боки гофрованими стінками, при цьому гофри розміщені вертикально, а вершини гофрів розташовані симетрично відносно вертикальної пластини, яка має у нижній частині перфорацію, що сполучає опускні і підйомні елементи, причому опускні і підйомні елементи розміщені з чергуванням їх через один гофр.
2. Насадка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що відношення висоти гофрів до кроку гофрів знаходиться у межах від 1/2 до 1/5.
3. Насадка за пп. 1, 2, яка **відрізняється** тим, що відношення висоти контактної пристрою до висоти гофра знаходиться у межах від 30 до 150.

Рішення відноситься до внутрішніх пристроїв хімічних реакторів для проведення процесів у газорідному середовищі і може бути використане, наприклад, для синтезу карбаміду (сечовини) з аміаку і діоксиду вуглецю при підвищених температурах і тисках.

Відомий реактор для проведення процесів у газорідному середовищі, конкретно для синтезу карбаміду, який являє собою вертикальну футеровану посудину високого тиску зі штуцерами введення і виведення реагентів [Кучерявий В.І., Лебедев В.В. Синтез і застосування карбаміду. М.: Хімія, 1970, с.316, мал.237]. Внутрішня будова реактора обмежується двома перфорованими перегородками, так що реактор фактично можна вважати порожнистим апаратом.

Недоліком цього апарата є низька ефективність. Як встановлено у процесі експлуатації, такі апарати працюють у мало інтенсивному режимі, близькому до ідеального змішування. При цьому задовільний ступінь перетворення діоксиду вугле-

цю у карбамід X (-65%) можна забезпечити лише при низькій питомій продуктивності П (близько 300-400кг/м³.ч). При спробах збільшення значень П до 650-700кг/м³.ч величина X знижується до 57-58%, що зумовлює різке збільшення масштабу рециркуляції і, як наслідок, недопустиме погіршення техніко-економічних показників.

Відомі насадки вертикальних реакторів для проведення процесів у газорідному середовищі, конкретно для синтезу карбаміду, які містять горизонтальні перфоровані перегородки, розміщені по висоті апарата, що дозволяють підвищити ефективність змішування рідких і газоподібних реагентів між сусідніми перегородками, забезпечити зниження поздовжнього перемішування у реакторі і деяке наближення загальної структури потоків в апараті до режиму ідеального витіснення [авторські свідоцтва СРСР №№808122, кл. B01J19/00, опубл. 1981, і 1088779, кл. B01J10/00, 19/00, опубл. 1984]. Реакторам, які обладнані цими насадками, властива недостатньо висока ефективність

(13) C2

(11) 79847

(19) UA

проходження процесу синтезу, що проводиться в них, і відносно низька питома продуктивність через недостатньо досконалий розподіл газової фази по перерізу реактора.

Відома насадка вертикального реактора для проведення процесів у газорідинному середовищі. Дана насадка вперше використана у реакторі синтезу карбаміду. Насадка включає горизонтальні перфоровані перегородки і трубчасті контактні пристрої, закріплені своїми верхніми кінцями в опорних ґратах. Контактний пристрій складається з вертикальних трубчастих елементів круглого перерізу: опускного і підйомного, які з'єднані між собою у нижній частині U-подібним трубчастим елементом, виконаним з труби того ж діаметра. Паралельні осі опускного і підйомного елементів розміщені на відстані двох діаметрів труби або більше (переважно від двох до шести). Відношення висоти контактного елемента до діаметра труби знаходиться у межах від 40 до 150. Опускний елемент заглушений заглушкою, нижній торець якої розміщений нижче нижньої площини опорних ґрат [патент РФ №2168355, кл. B01J10/00, опубл. 2001]. Випробування насадки у промислових умовах показали її досить високу ефективність. Разом з тим недоліком відомої насадки є складність розміщення трубчастих контактних елементів, особливо при великій їх кількості. Складність розміщення трубчастих контактних елементів примушує використовувати контактні елементи різної довжини і висоти, що при певних технологічних режимах негативно позначається на рівномірності роботи через відмінності у гідравлічному опорі елементів. З аналогічними проблемами доводиться стикатися у стандартних теплообмінниках з U-подібними трубами [див. підручник Машини і апарати хімічних виробництв. І.І. Понікаров, О.А. Перелигін, В.Н. Доронін, М.Г. Гайнулін. - М.: Машинобудування, 1989, С.13-15]. Крім того, для виготовлення відомої насадки потрібна велика кількість дуже дорогого і дефіцитного трубного прокату.

Найбільш близькою до запропонованої за сукупністю істотних ознак і ефектом, що досягається, є відома насадка вертикального прямотруминного реактора, яка містить горизонтальні перфоровані перегородки і контактні пристрої, заглушені знизу, кожний з яких складається із закріплених своїми верхніми кінцями у горизонтальних опорних ґратах вертикальних опускних і підйомних елементів, причому опускний елемент виконаний заглушеним і зверху з вхідними отворами для рідини і газу на бічній поверхні його верхньої частини, а підйомний елемент має отвір на опорних ґратах для виходу газорідинної суміші. Кожний контактний пристрій являє собою трубу, розділену на опускний і підйомний елементи внутрішньою вертикальною пластиною, яка у верхній частині щільно прилягає до опорних ґрат, а у нижній частині не досягає нижнього заглушеного кінця труби. [Патент РФ №2114691, кл. B01J10/00, опубл. 1998] – прототип.

Конструкція відомої насадки направлена на наближення макроскопічної структури потоків у реакторі загалом до режиму ідеального витіснення (особливо у нижній частині реактора) і на підви-

щення питомої продуктивності реактора. Завдяки встановленню вертикальних контактних пристроїв, які складаються з опускного і підйомного елементів, у зоні їх встановлення виключається поперечне і поздовжнє перемішування реакційного середовища.

Крім того, завдяки створенню газової подушки під опорними ґратами (у зоні входу реагентів у контактні пристрої), у нижній частині реактора забезпечується більш рівномірний розподіл газової фази по перерізу реактора.

Недоліком відомої насадки є відносна складність конструкції, виготовлення і складання контактних пристроїв і, як наслідок, її дорожнеча. Варіант виконання контактних елементів з труби передбачає виготовлення вузьких довгих пластин, ширина яких повинна точно дорівнювати внутрішньому діаметру труб, і розміщення цих пластин всередині труб без зазорів по краях, що вже представляє складність, крім того, трубний прокат значно дорожчий і дефіцитніший листового. Варіант виконання контактних елементів із заготовок S-подібного перерізу з подальшим зварюванням поздовжніх швів вимагає підвищеного об'єму зварювальних робіт. Крім того, конструкція контактних пристроїв зумовлює їх недостатню жорсткість і можливість виникнення резонансу. Для виключення цього негативного явища потрібні додаткові підсилювальні елементи, які ускладнюють конструкцію насадки.

Описані недоліки усуваються рішенням, що пропонується.

Задача, що вирішується - вдосконалення конструкції насадки вертикального прямотруминного реактора та її здешевлення.

Технічний результат запропонованої конструкції полягає у спрощенні виготовлення і складання контактних пристроїв і насадки загалом завдяки спрощенню конструкції контактного пристрою з використанням як заготовки контактного пристрою плоских і гофрованих листів металу.

Цей технічний результат досягається тим, що у насадці вертикального прямотруминного реактора, яка містить горизонтальні перфоровані перегородки і контактні пристрої, заглушені знизу, кожний з яких складається із закріплених своїми верхніми кінцями в опорних ґратах вертикальних опускного і підйомного елементів, причому опускні елементи виконані заглушеними і зверху з вхідними отворами для рідини і газу на бічній поверхні їх верхньої частини, а підйомні елементи мають отвори на опорних ґратах, для виходу газорідинної суміші, контактні пристрої мають форму лінійних блоків, утворених рівною кількістю опускних і підйомних елементів, які виконані закріпленими до опорних ґрат вертикальною пластиною і щільно з'єднаними з нею по обидві сторони гофрованими стінками, при цьому, гофри розміщені вертикально, вершини гофрів розташовані симетрично відносно вертикальної пластини, а пластина у нижній частині має перфорацію, яка з'єднує опускні і підйомні елементи.

Технічний результат досягається також тим, що у кожному лінійному блоці опускні і підйомні елементи розміщені з чергуванням їх через один

гофр, відношення висоти гофра до кроку гофрів знаходиться у межах від $1/2$ до $1/5$, а відношення висоти контактної пристрою до висоти гофра знаходиться у межах від 30 до 150.

Виконання контактних пристроїв у вигляді лінійних блоків, утворених рівною кількістю опускних і підйомних елементів, які виконані закріпленими до опорних ґрат вертикальною пластиною і щільно з'єднаними з нею по обидві сторони гофрованими стінками, при цьому, гофри розміщені вертикально, вершини гофрів розташовані симетрично відносно вертикальної пластини, а пластина у нижній частині має перфорацію, яка з'єднує опускні і підйомні елементи, дозволяє відмовитися від використання для виконання контактних пристроїв насадки дуже дорогого і дефіцитного трубного прокату.

Розміщення опускних і підйомних елементів лінійного блока з чергуванням забезпечує більш рівномірне проходження газових і рідких реагентів по перерізу реактора.

Виконання гофрів з відношенням їх висоти до кроку у межах від $1/2$ до $1/5$ також сприяє досягненню технічного результату. При відношенні більше $1/2$ погіршується технологічність виготовлення насадки. При відношенні менше $1/5$ зменшується прохідний переріз насадки, або різко збільшується кількість лінійних блоків, що також погіршує технологічність виготовлення насадки.

При здійсненні винаходу переважно, щоб відношення висоти контактної пристрою до висоти гофрів знаходилося у межах від 30 до 150. При відношенні менше 30 погіршується стабільність забезпечення гідродинамічного режиму у реакторі. При відношенні більше 150 істотно зростає гідравлічний опір контактної пристрою.

Перелік фігур креслень

Конструкція насадки, що пропонується, ілюструється кресленнями, представленими на Фіг.1, 2, 3, 4, 5.

На Фіг.1 показаний поздовжній розріз вертикального реактора із встановленою в ньому насадкою,

на Фіг.2 - конструкція контактних пристроїв у вигляді лінійних блоків та їх розміщення на опорних ґратах (розріз А-А з Фіг.1),

на Фіг.3 - поздовжній розріз контактної пристрою та його кріплення до опорних ґрат (вузол Б з Фіг.1),

на Фіг.4 - поперечний розріз контактної пристрою у вигляді лінійного блока (розріз В-В з Фіг.1),

на Фіг.5 - нижня частина вертикальної пластини з перфорацією (вигляд Г з Фіг.3).

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу

Відповідно до Фіг.1-5 реактор, де розміщується насадка, містить вертикальний корпус 1 з кришкою 2, штуцери 3, 4 і 5 для введення реагентів і штуцер 6 для виведення продуктів синтезу. Насадка реактора складається з горизонтальних перфорованих перегородок 7, 8 і 9 (кількість перегородок і відстань між ними можуть бути різними) і контактних пристроїв 10, які мають форму лінійних блоків. Кожний пристрій 10 складається з рівної кількості опускних елементів 11 і підйомних елементів 12. У кожному контактному пристрої 10 опускні елементи

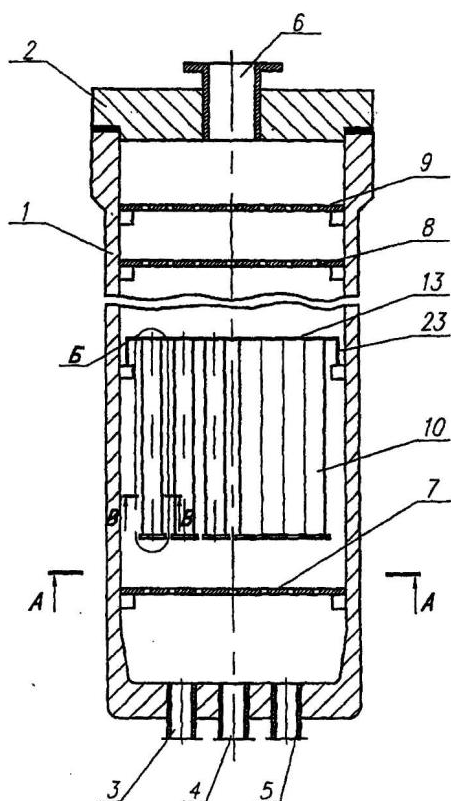
11 і підйомні елементи 12 розміщені з чергуванням. Елементи 11, 12 утворені закріпленими до опорних ґрат 13 вертикальною пластиною 14 і щільно з'єднаними з ними гофрованими стінками 15 і 16. Гофри розміщені вертикально. Опускні і підйомні канали контактних пристроїв утворені увігнутою поверхнею гофрів і вертикальною поверхнею (див. Фіг.4). Вершини гофрів розташовані симетрично відносно вертикальної пластини 14. Контактні пристрої 10 знизу заглушені горизонтальною пластиною 17, прикріпленою до гофрованих стінок 15 і 16. Пластина 14 у нижній частині має перфорацію 18, яка з'єднує опускні елементи 11 і підйомні елементи 12. На бічній стінці опускного елемента 11 під опорними ґратами 13 окремо розташовані вхідні отвори для газової фази 19 і для рідкої фази 20. Вхідні отвори для газової фази 19 розташовані вище вхідних отворів для рідкої фази 20. Верхній кінець опускного елемента 11 виконаний заглушеним. Вихідний отвір 21 підйомного елемента 12 розташований на опорних ґратах 13. Гофровані стінки 15 і 16 (див. Фіг.4) щільно підтіснені до вертикальної пластини 14 стяжкою 22 (наприклад болт з гайкою або електрозаклепка). Опорні ґрати 13 встановлені у корпусі реактора горизонтально. До опорних ґрат 13 верхньою кромкою закріплена вертикальна обичайка 23, розміщена співвісно корпусу реактора. Висота обичайки перекидає вхідні отвори 19 і 20. Гофри стінок 15 і 16, які утворюють опускні і підйомні елементи, можуть мати різну форму, а саме: синусоїдальну, трапецієподібну, зигзагоподібну, прямокутну і т.п. При цьому відношення висоти гофра до кроку гофрів повинно знаходитися у межах від $1/2$ до $1/5$. Висота контактної пристрою повинна бути такою, що її відношення до висоти гофра знаходиться у межах від 30 до 150.

Завдяки виконанню контактних пристроїв у вигляді лінійних блоків, що об'єднують ряд опускних і підйомних елементів, вони відрізняються підвищеною міцністю, жорсткістю і надійністю. Гофровані стінки можуть виконуватися з порівняно тонкого листового металу (у 2-3 рази тоншого товщини труб у насадці-прототипі).

Реактор, обладнаний запропонованою насадкою, працює наступним чином. Вихідні рідкі і газоподібні реагенти (у випадку синтезу карбаміду - аміак, діоксид вуглецю і розчин вуглеамонійних солей) вводять у реактор через штуцери 3, 4, 5. Для їх змішування і розподілу по перерізу апарата призначена перфорована перегородка 7. Проїшовши перегородку 7, газорідна суміш попадає у простір, заповнений вертикальними контактними пристроями 10. Газова фаза при випереджувальному русі вгору утворює під опорними ґратами 13 газову подушку. Завдяки цьому газ рівномірно розподіляється між усіма контактними елементами. Газова і рідка фази окремо через вхідні отвори 19 і 20 відповідно надходять в опускний елемент 11, де контактують в умовах низхідної прямотечії фаз.

У нижній частині контактної елемента газ і рідина міняють напрям руху, проходять через перфорацію 18, де потік перерозподіляється по перерізу і попадає у підйомний елемент 12. Тут

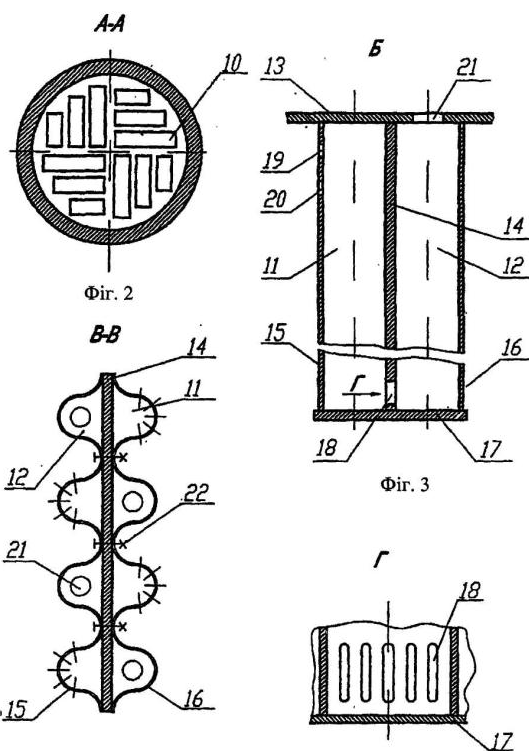
контактування відбувається вже в умовах висхідної проточної фази. Газ і рідина відводяться з контактного елемента через отвір 21. Взаємодія продовжується у просторі над опорними ґратами 13 і далі у зоні, де встановлені перфоровані перегородки 8 і 9. Таким чином, реакційний процес проходить в об'ємі реактора, заповненому насадкою у вигляді перфорованих перегородок і контактних елементів з опускаючими і підіймаючими елементами. Продукти реакції відводять через штуцер 6.



Фиг. 1

Промислова застосовність

Виготовлення дослідної моделі запропонованої насадки реактора синтезу карбаміду показало, що її металомісткість не вища металомісткості відомої насадки, при цьому основні технологічні показники (питома продуктивність P , ступінь перетворення діоксиду вуглецю у карбамід X) не поступаються показникам відомої насадки. Разом з тим, завдяки використанню для контактних пристроїв тільки листового прокату витрати на виготовлення контактних пристроїв і складання запропонованої насадки менші на 25-30%.



Фиг. 2

Фиг. 3

Фиг. 4

Фиг. 5