



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **73959**

(13) **U**

(51) МПК

**B01D 1/22** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 04411**

(22) Дата подання заявки: **09.04.2012**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.10.2012**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.10.2012, Бюл.№ 19**

(72) Винахідник(и):

**Стенцель Йосип Іванович (UA),  
Кузнецова Олена Володимирівна (UA),  
Поркуян Ольга Вікторівна (UA),  
Літвінов Костянтин Анатолійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ (М.  
СЄВЕРОДОНЕЦЬК),  
пр. Радянський, 59-а, м. Сєвєродонецьк,  
Луганська обл., 93400 (UA)**

## (54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПЛІВКОВИМ ВИПАРНИМ АПАРАТОМ

(57) Реферат:

Спосіб автоматичного управління плівковим випарним апаратом передбачає подачу рециркуляційного розчину в апарат з урахуванням рівня в підтрубному просторі шляхом зміни відводу упареного розчину. Для забезпечення оптимальності ведення процесу упарювання, визначають температурну та масову депресії, а також їх відношення й відношення масової депресії до витрати свіжого розчину. При відхиленні котрих від оптимального значення мікропроцесор формує вихідний сигнал, який надходить на регулюючий пристрій зміни витрати гріючої пари, а також корегуючий сигнал, який подається на регулятор рівня упареного розчину.

**U**  
**UA 73959**



Корисна модель належить до способів керування багатопараметричними технологічними об'єктами і може бути використана для оптимізації технологічних процесів у хімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях промисловості.

Відомий спосіб автоматичного управління продуктивністю випарного апарату та багатокорпусної випарної установки розчину (А.с. СРСР № 700546, кл. С13G1/06, 1978 «Способ автоматического управления пленочным выпарным аппаратом»), суть якого полягає в тому, що регулюється витрата рециркуляційного розчину за поточним і заданим значенням продуктивності апарату, визначається їх неузгодженість та регулюють подачу рециркуляційного розчину в апарат з урахуванням рівня в надтрубному просторі, при цьому підтримують рівень в підтрубному просторі шляхом зміни відводу упареного розчину.

Недоліком відомого способу є великі енергозатрати для досягнення заданої продуктивності випарної установки, зниження температури в апараті при подачі рециркуляційного розчину у випарний апарат, а також велика інерційність системи автоматичного управління, можливість оголення поверхні кип'ятильних труб при падінні рівня в надтрубному просторі нижче критичного, що призводить до переведення роботи системи автоматичного управління на ручне позиційне управління, що в свою чергу призводить до погіршення ефективності управління технологічним процесом.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб керування багатопараметричними технологічними об'єктами (Патент України на корисну модель № 66191 F02C9/26, 26.12.2011 «Способ керування багатопараметричними технологічними об'єктами»), який полягає в тому, що визначається сума масових витрат вхідних матеріальних потоків і масова витрата основного вихідного матеріального потоку, за якими визначається їх різниця і розраховується критерій оптимальності, при відхиленні котрого від його оптимального значення керуючий мікропроцесор формує вихідний сигнал, який надходить на виконавчі механізми регулюючих органів для зміни масової витрати відповідного матеріального потоку або співвідношення між деякими двома вхідними витратами.

Недоліком відомого способу для управління випарними апаратами є зниження температури в апараті при подачі надлишкової кількості витрат на вході в апарат, а також нестабільність концентрації упареного розчину на виході з апарату, що призводить до погіршення ефективності управління технологічним процесом.

Технічною задачею, на вирішення якої спрямований запропонований спосіб, є оптимізація процесу управління плівковим випарним апаратом за рахунок стабілізації критерію оптимальності, який визначається за мінімумом залежності температурної депресії  $\Delta T$  (різниці між температурою  $T_p$  свіжого розчину на вході у випарний апарат і температурою  $T_B$  вторинної пари) і масової депресії  $\Delta F$  (різниці між сумою витрат матеріальних потоків на вході у випарний апарат та витратою  $F_Y$  упареного розчину) за рахунок зміни витрати упареного розчину.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в заявленому способі концентрація упареного розчину стабілізується за мінімумом оптимізаційної залежності  $\Delta F = f(\Delta T)$ , яка повністю визначає ступінь упарювання розчину, причому рівень упареного розчину визначається за різницею витрати  $F_p$  свіжого розчину на вході у випарний апарат і витратою  $F_Y$  упареного розчину на його виході.

На відміну від відомих способів, в яких управління здійснюється за рахунок зміни витрати рециркуляційного потоку, у заявленому способі керування здійснюється за відхиленням різниці сумарних масових витрат різних вхідних матеріальних потоків та стабілізації критерію оптимальності, котрий розраховується за цією різницею масових витрат та температурною депресією за рахунок зміни витрати одного матеріального потоку.

Для оптимізації управління технологічним процесом упарювання аміачної селітри, наприклад у виробництві аміачної селітри, використовують, як правило, температурний режим, який є достатньо інерційним, а при наявності сильних збурюючих впливів призводить до появи нестійких або квазістійких процесів, що викликає зниження продуктивності роботи випарного апарату (автоматичні системи управління працюють в критичних режимах).

Як показали експериментальні дослідження, найбільш ефективним показником оптимізації технологічного процесу упарювання, особливо для апаратів з плівковим упарюванням є забезпечення відповідного співвідношення між величиною температурної депресії  $\Delta T$  (різниці між температурою  $T_C$  свіжого розчину на вході в апарат і температурою  $T_B$  вторинної пари) і так званої «масової депресії»  $\Delta F$  (за аналогією з температурною депресією). У процесі упарювання масова  $\Delta F$  депресія являтиме собою різницю  $\Delta F = F_{\Sigma} - F_Y$  (1), де  $F_{\Sigma}$  - витрата умовного сумарного вхідного потоку;  $F_Y$  - витрата упареного розчину. Витрату сумарного вхідного потоку визначають за формулою:

$F_Y = k_P F_P + k_B F_B + k_T F_T$  (2), де  $k_P, k_B, k_T$  - коефіцієнти впливу процесу упарювання для витрати свіжого розчину, вторинної пари і теплоносія відповідно;  $F_T$  - витрата теплового потоку, яка призводить до розділення свіжого розчину на упарений розчин і вторинну пару і визначає температурний режим процесу. Тоді  $\Delta F = (k_P F_P + k_B F_B + k_T F_T) - F_Y$  (3).

Для забезпечення матеріального балансу апарата упарювання, а відповідно - стабілізації рівня упареного розчину в апараті, необхідно, щоб  $\Delta F = 0$ . Якщо  $\Delta F > 0$ , то у випарному апараті зростає рівень упарюваного розчину і збільшується температурна депресія  $\Delta T$  і навпаки. Так як температурна депресія  $\Delta T = f(F_P, F_B, F_T)$  (4), то з (3) і (4) випливає, що між температурною та масовою депресіями існує екстремум, що підтверджується експериментальними дослідженнями. На фіг. 1 показана залежність відносної зміни відношення приросту температури (температурної депресії) до приросту сумарної витрати випарного апарату (масової депресії) від відносної зміни сумарної витрати  $\Delta F / F_P$ .

Реалізація принципу управління випарною установкою показана на фіг. 2. На схемі показано:

- 1 - випарний апарат;
- 2 - плівковий упарювач;
- 3 - кип'ятильник;
- 4 - підігрівач свіжого розчину;
- 5 - термopара контролю температури свіжого розчину;
- 6 - термopара контролю температури вторинної пари;
- 7 - нормуючий перетворювач;
- 8 - датчик контролю витрати свіжого розчину;
- 9 - датчик контролю витрати гріючої пари;
- 10 - датчик контролю витрати упареного розчину;
- 11 - датчик контролю витрати вторинної пари; 12-15 - перетворювачі сигналів камерних діафрагм;
- 16 - регулюючий пристрій витрати упареного розчину;
- 17 - регулюючий пристрій витрати гріючої пари;
- 18 - мікроконтролер.

Функціональна схема автоматичної системи управління складається з випарного апарата 1, трубчастих плівкових упарювачів 2, кип'ятильника упареного розчину 3, підігрівача свіжого розчину 4, термopар контролю температури свіжого розчину 5, термopар контролю температури вторинної пари 6, нормуючого перетворювача 7 різниці термоЕРС термopар 5 і 6 у нормований струмовий сигнал 4-20 мА, камерних діафрагм 8-11, призначених для вимірювання об'ємних витрат вхідних і вихідних потоків; дистанційних перетворювачів 12-15, призначених для перетворення перепадів тиску на діафрагмах в уніфікований електричний сигнал 4-20 мА; регулюючих пристроїв 16 і 17, призначених для зміни витрати упареного розчину і гріючої пари відповідно; управляючого мікроконтролера 18, призначеного для первинної обробки вимірювальної інформації, розрахунку масових витрат вхідних і вихідних матеріальних потоків, розрахунку різниці між сумою вхідних масових витрат і вихідною масовою витратою, а також формування закону регулювання витратами; рециркуляційної труби 19, яка з'єднує випарний апарат 1 і кип'ятильник 3. Вихідні сигнали мікроконтролера 18 подаються на виконавчий пристрій 17 для регулювання витрати гріючої пари і на виконавчий пристрій 16 для стабілізації витрати упареного розчину (задання концентрації упареного розчину).

Алгоритм управління багатопараметричним випарним апаратом працює наступним чином:

1. Вимірюються поточні значення масових витрат матеріальних потоків:  $F_P$  - витрати свіжого розчину;  $F_T$  - витрати гріючої пари;  $F_Y$  - витрати упареного розчину і  $F_B$  - витрати вторинної пари; різниця температур  $T_1$  свіжого розчину на вході у випарний апарат і  $T_2$  - вторинної пари. Після чого вимірювальна інформація надходить на вхід мікропроцесорного контролера 18, де запам'ятовуються значення масових витрат матеріальних потоків  $\Delta F = (k_P F_P + k_B F_B + k_T F_T) - F_Y$  і різниця температур  $\Delta T = T_1 - T_2$ .

2. Розраховується відношення  $\Delta T$  до  $\Delta F$ , а також відносне значення сумарної масової витрати  $\Delta F / F_P$ .

3. Якщо відношення  $(\Delta T / \Delta F) > (\Delta T / \Delta F)_{\text{ном}}$ , то мікропроцесор за відповідним законом формує сигнал на відкриття регулюючого пристрою 17, що призводить до збільшення подачі гріючої пари в кип'ятильник 3, а відповідно до збільшення інтенсивності упарювання розчину. При цьому концентрація упареного розчину підвищується. При  $(\Delta T / \Delta F) > (\Delta T / \Delta F)_{\text{ном}}$  положення регулюючого пристрою приходить до заданого, яке відповідає заданій концентрації упареного розчину.

4. Контролюється рівень  $L$  упареного розчину у випарному апараті за різницею витрати  $F_p$  свіжого розчину та витрати  $F_v$  упареного розчину з корекцією за коефіцієнтом відношення  $(\Delta T/\Delta F)$ .

Це дозволяє досягти наступних результатів:

5 1. Так як співвідношення показника температурної депресії  $\Delta T$  до показника масової депресії  $\Delta F$  повністю визначають процес упарювання до заданої концентрації упареного розчину, то виключається необхідність стабілізувати температуру кипіння упареного розчину.

2. Якщо температурна депресія досягає оптимального значення  $(\Delta T/\Delta F)_{opt}$ , то відносна масова депресія  $\Delta F/F_p$  може змінюватися в деякому діапазоні від  $(\Delta F/F_p)_{min}$  до  $(\Delta F/F_p)_{max}$  без зміни концентрації упареного розчину.

3. Концентрація упареного розчину повністю визначається різницею між сумарною витратою вхідних потоків  $F_\Sigma = k_p F_p + k_v F_v + k_t F_t$  і витратою упареного розчину  $F_v$ .

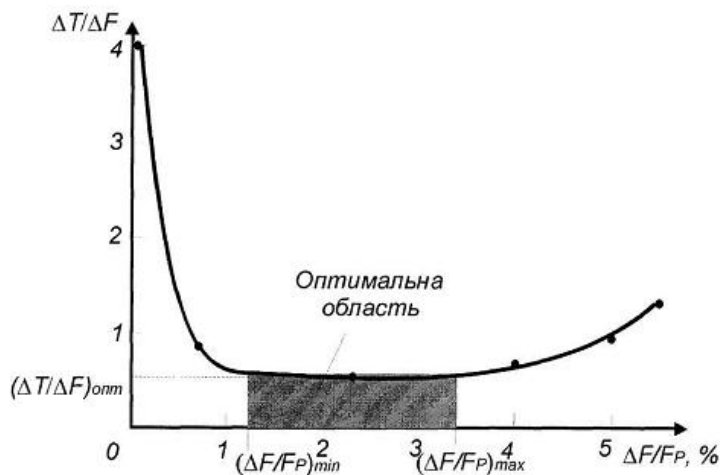
4. Підвищується продуктивність роботи випарного апарату за рахунок збільшення витрати свіжого розчину (зменшення відношення  $\Delta F/F_p$ ), а також за рахунок зменшення витрати гріючої пари (зменшення  $F_\Sigma$ ).

Як видно з вищенаведеного, запропонований спосіб управління випарною установкою з плівковим принципом упарювання дозволяє отримати закладені заявником технічні результати.

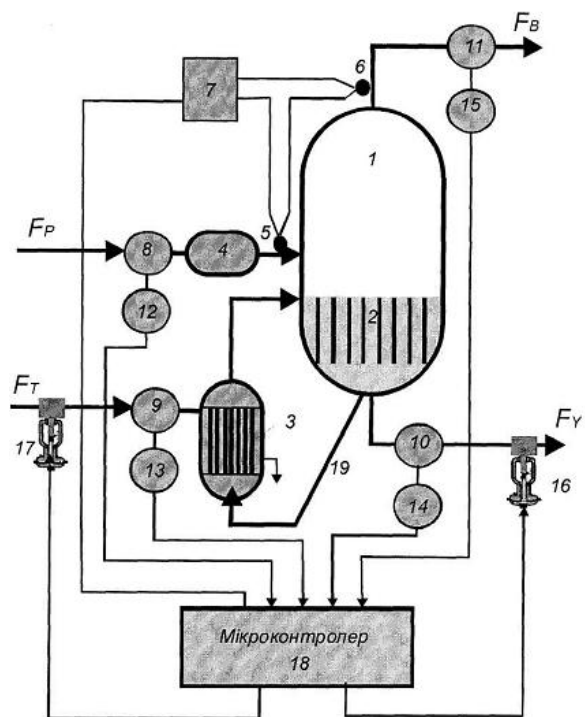
Проведений аналіз патентної літератури показав, що запропонована корисна модель відповідає вимогам «новизна».

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматичного управління плівковим випарним апаратом, який передбачає подачу рециркуляційного розчину в апарат з урахуванням рівня в підтрубному просторі шляхом зміни відводу упареного розчину, який **відрізняється** тим, що, з метою забезпечення оптимальності ведення процесу упарювання, визначається температурна та масова депресії, а також їх відношення й відношення масової депресії до витрати свіжого розчину, при відхиленні котрих від оптимального значення мікропроцесор формує вихідний сигнал, який надходить на регулюючий пристрій зміни витрати гріючої пари, а також корегуючий сигнал, який подається на регулятор рівня упареного розчину.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601