



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110520** (13) **C2**

(51) МПК (2015.01)

C01B 21/48 (2006.01)

F02C 9/26 (2006.01)

G05D 7/00

C01C 1/00

C05C 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2013 14319</p> <p>(22) Дата подання заявки: 09.12.2013</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.01.2016</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.07.2014, Бюл.№ 13</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.01.2016, Бюл.№ 1</p>	<p>(72) Винахідник(и): Стенцель Йосип Іванович (UA), Проказа Олена Іванівна (UA), Літвінов Костянтин Анатолійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ, пр. Радянський, 59-а, м. Сєверодонецьк, Луганська обл., 93400 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 73954 U, 10.10.2012 SU 349634 A, 04.09.1972 SU 1439078 A1, 23.11.1988 RU 2023485 C1, 30.11.1994 М.А.Мининович Производство аммиачной селитры.- Москва: Химия, 1974. - С. 183-185 Архипов А.А. Нелинейное регулирование на стадии нейтрализации в производстве аммиачной селитры.//Нов. ун-т. Сер. Техн. н.- 2011, N 1, С. 41-45</p>
--	---

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

(57) Реферат:

Винахід належить до способу автоматичного керування процесом нейтралізації азотної кислоти газоподібним аміаком у виробництві аміачної селітри азотного комплексу хімічної промисловості. Заявлено спосіб керування процесом нейтралізації азотної кислоти у виробництві аміачної селітри, що включає керування за відхиленням коефіцієнта співвідношення об'ємних витрат неконцентрованої азотної кислоти (НАК) та газоподібного аміаку (ГПА) з корекцією за відхиленням співвідношення сталих часу, які характеризують процес руху вхідних матеріальних потоків на вході в реакційну склянку апарата використання тепла нейтралізації (ВТН) та процес руху вихідних матеріальних потоків плаву аміачної селітри та сокової пари за допомогою системи автоматичного регулювання (САР) з регулятором співвідношення об'ємних витрат НАК і ГПА, причому для регуляції співвідношення об'ємних витрат НАК і ГПА вводять корегувальний контур для забезпечення матеріального балансу між масовою витратою вхідних та вихідних матеріальних потоків апарата ВТН, забезпечений регулятором співвідношення сталих часу, одна з яких характеризує динамічні властивості руху маси вихідних речовин на вході апарата ВТН, а інша - динамічні властивості руху маси вихідних речовин, додатково забезпечений керуючим мікропроцесорним контролером, призначеним для обробки вимірювальної інформації, яка надходить з здавачів витрат матеріальних потоків та

UA 110520 C2

Винахід належить до способу автоматичного керування процесом нейтралізації азотної кислоти газоподібним аміаком у виробництві аміачної селітри азотного комплексу хімічної промисловості.

Відомий спосіб автоматичного керування (патент Російської Федерації 2172419, F02C 9/26, G05D 7/00, 14.04.2000 "Способ управления многомерным объектом") газотурбінними двигунами, турбін електростанцій у котрих для керування декількома параметрами використовується одна управляюча дія, який працює за принципом формування по кожному керованому параметру за допомогою регулятора параметра керуючих сигналів, порівняння значень цих сигналів, вибір сигналу з найменшим значенням і здійснення цим сигналом керування виконавчого органу об'єкта, причому керуючий сигнал як мінімум за одним керованим параметром формують шляхом підсумовування вихідного сигналу регулятора параметра і відповідного цьому параметру перетвореного вихідного сигналу.

Недоліком відомого способу є неможливість здійснювати ефективно керування параметрами об'єкта так як корекція заданої величини здійснюється зі статичною похибкою, а при швидкій зміні стану об'єкта керування здійснюється з затримкою, яка дорівнює сталій часу кола корекції.

Відомий спосіб автоматичного керування процесом нейтралізації кислоти у виробництві аміачної селітри в апараті нейтралізації шляхом регулювання подачі азотної кислоти в залежності від потенціалу платинового електроду. Платиновий електрод знаходиться при цьому в електролітичній комірці (М.А. Мینیович "Производство аммиачной селитры". Москва: Химия, 1974. - С. 183-185). Стандартний електрод розташований у посудині з еталонним розчином. Різниця потенціалів цих електродів через підсилювач подається на регулюючий пристрій, котрий керує роботою клапана, змінюючи подачу кислоти в апарат використання тепла нейтралізації (ВТН) доти, поки кислотність розчину аміачної селітри не буде збігатися з кислотністю еталонного розчину.

Недоліком описаного способу є те, що вимірювання кислотності розчину аміачної селітри здійснюється поза реакційною зоною, що суттєво збільшує інерційність процесу вимірювального контролю. Внаслідок великого часу чистого запізнення система автоматичного регулювання (САР) не відслідковує зміни витрати кислоти, аміаку, конденсату сокової пари та розчину аміачної селітри, а також їх густини. Внаслідок цього потрібна стабілізація цих параметрів і підтримування високої надлишкової кислотності розчину аміачної селітри на виході з реактора. Це призводить до значних втрат кислоти та збільшенням її викидів зі соковою парою.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб (патент Російської Федерації 2023485, B01D 53/34 "Способ автоматического управления абсорбцией сероводорода из коксового газа") технологічними процесами у масообмінних апаратах, наприклад комплексним очищенням коксового газу, який включає стабілізацію заданого співвідношення вмісту аміаку та сірководню в очищуваному газі зміною подачі аміаку в коксовий газ, який подається в абсорбер, і стабілізацію вмісту аміаку в ненасиченому сірководнем поглинаючому розчині зміною подачі аміаку в регенератор. Новим у способі є вимірювання виграє і температури коксового газу перед абсорбером і витрати й концентрації аміаку після абсорбера, визначення масових витрат аміаку в коксовому газі до і після абсорбера, розрахунок їх різниці та регулювання подачі аміаку на регенерацію з корекцією за температурою неочищеного коксового газу, вимірювання температури регенерованого поглинаючого розчину та регулювання її зворотно пропорційно до температури неочищеного коксового газу шляхом зміни подачі охолоджувальної води в холодильник.

Недоліком даного способу є достатньо мала ефективність технологічного процесу при зміні концентрації поглинаючого розчину, що приводить до збільшення часу чистого запізнення САР і погіршення якості її роботи.

Поставленою задачею, на вирішення якої спрямований запропонований спосіб, є підвищення якості плаву аміачної селітри (ПАС) та продуктивності апарату ВТН, що досягається шляхом уведення корегувального контуру в САР співвідношенням об'ємних витрат неконцентрованої азотної кислоти (НАК) і газоподібного аміаку (ГПА), призначеного для забезпечення матеріального балансу між масовою витратою вхідних та вихідних матеріальних потоків апарату ВТН, який складається з регулятора співвідношення сталих часу, одна з котрих характеризує динамічні властивості руху маси реагуючих речовин на вході апарату ВТР, а інша - динамічні властивості руху маси вихідних речовин - ПАС та сокової пари, керуючого мікропроцесорного контролера (КМК), призначеного для збору та обробки вимірювальної інформації, яка надходить з давачів витрат матеріальних потоків та аналізаторів, розрахунку сталих часу та формування відповідних електричних сигналів, котрі подаються на регулятор співвідношення сталих часу, за рахунок чого формується корегувальний сигнал

пропорціональний відхиленню коефіцієнта співвідношення сталих часу від його нормованого значення, котрий подається на регулятор співвідношення витрат НАК і ГПА.

На відміну від відомих способів керування процесом нейтралізації азотної кислоти, в яких керування здійснюється за відхиленням коефіцієнта співвідношення між об'ємними витратами НАК і ГПА від заданого значення, у заявленому способі керування здійснюється як за зміною коефіцієнта співвідношення об'ємних витрат НАК і ГПА, так і за зміною сталих часу, перша з котрих τ_{22} характеризує процес руху вхідних матеріальних потоків НАК і ГПА на вході в реакційну склянку апарату ВТН, а друга τ_{12} - процес руху вихідних матеріальних потоків - ПАС та сокової пари на виході цієї склянки.

Згідно з теорією реологічних переходів проф. Стенцеля Й.І. [Звіт про науково-дослідну роботу "Розробка теоретичних основ явищ переносу на основі реологічних переходів і методу нульового градієнта (заключний). № держреєстрації 0109U000071, - 2011. - 275 с] процес перенесення імпульсу маси описується інтегральною імпульсною дельта-функцією Дірака як показано на фіг. 1. Так як процеси швидкості перетворення маси реагуючих компонентів (НАК і ГПА) і стоку розчину аміачної селітри є незворотними, то перше перетворення описується функцією $m_i(\theta)$, де $m_i(\theta)$ - маса реакційної маси в склянці ВТН; θ - час перетворення реагуючих речовин, а друге - $M_{AC}(t)$, де $M_{AC}(t)$ - маса стоку ПАС та сокової пари; t - час стоку.

У загальному вигляді такий процес описується наступним нелінійним диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial m_i(x, \theta)}{\partial \theta} + D_i \frac{\partial^2 m_i(x, \theta)}{\partial x^2} + v_i \frac{\partial m_i(x, \theta)}{\partial x} = \tau_{12} \frac{d^2 M_{AC}}{dt^2} + \frac{dM_{AC}}{dt}, \quad (1)$$

де D_i - ефективний коефіцієнт дифузії реагуючих компонентів; x - напрямок руху реакційної маси в склянці; v_i - лінійна швидкість руху реакційної маси в склянці.

Так як в апараті ВТН зміна відстані перенесення реакційної маси пропорційна зміні часу масоперенесення, тобто $\partial x = v_i \partial \theta$, то приходимо до наступного диференціального рівняння матеріального балансу апарату ВТН:

$$\tau_{22} \frac{d^2 m_i(\theta)}{d\theta^2} + 2 \frac{dm_i(\theta)}{d\theta} = \tau_{12} \frac{d^2 M_{AC}}{dt^2} + \frac{dM_{AC}}{dt}, \quad (2)$$

де $\tau_{22} = D_i / v_i^2$ - стала часу динамічного процесу руху компонентів (НАК і ГПА) на вході реакційної склянки; $\tau_{12} = V / F_{AC}$; - стала часу динамічного руху компонентів (ПАС та сокової пари) на виході з реакційної склянки; V - об'єм реакційної склянки апарату ВТН; F_{AC} - масова витрата розчину аміачної селітри, яка дорівнює сумі масових витрат ПАС F_{Γ} і сокової пари F_C .

З нелінійного рівняння (2) та фіг. 1 видно, що оптимальний процес має місце тоді, коли зрівноважені масообмінні процеси згідно з рівнянням (2). Такий процес відповідає точці "а" на фіг. 1. Так як на границі зони незворотного реологічного перетворення (ЗНРП), яка описується інтегральною імпульсною дельта-функцією Дірака, градієнти $\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$ і $\frac{d}{dt} = 0$, то з (2) отримуємо

$$k_{\tau M} \frac{dm_i(\theta)}{d\theta} + 2k_{\tau 12} m_i = \frac{dM_{AC}}{dt} + k_{\tau 12} M_{AC}, \quad (3)$$

де $k_{\tau M} = \tau_{22} / \tau_{12}$ - коефіцієнт співвідношення сталих часу; $k_{\tau 12} = 1 / \tau_{12}$.

Враховуючи, що лінійна швидкість v_i руху реакційної маси в реакторі визначається масовою витратою $F_{НАК}$ НЛК і F_A ГПА, а витрата F_{AC} розчину аміачної селітри залежить від витрати F_C сокової пари, то рівняння для співвідношення сталих часу приводиться до наступної форми:

$$k_{\tau M} = \frac{1,85 D_i}{2 F_{A0} \left(\frac{F_{НАК0}}{F_{A0}} \right)} \left(\frac{V}{L} \right) \left[\frac{F_{AK0} Q_{AK}}{F_{AK0} Q_{AK} + F_{A0} Q_A + F_{XП0} Q_{AK}^{XП}} \right]^2 \left(1 + \frac{F_{AC0} Q_{AK}^{AC}}{F_{AK0} Q_{AK}} \right), \quad (4)$$

або, позначивши $k_A^{НАК} = F_{A0} / F_{НАК0}$ - співвідношення між об'ємними витратами F_{A0} ГПА і $F_{НАК0}$ НАК, з рівняння (4) знаходимо співвідношення коефіцієнта $k_A^{НАК}$ і коефіцієнта співвідношення сталих часу $k_{\tau M}$:

$$\frac{k_A^{\text{HAK}}}{k_{\text{тМ}}} = \frac{F_{\text{Ao}}}{D_i S} \left[1 + \left(\frac{F_{\text{Ao}}}{F_{\text{AKo}}} \right) \left(\frac{Q_A}{Q_{\text{AK}}} \right) + \left(\frac{F_{\text{XПo}}}{F_{\text{AKo}}} \right) \left(\frac{Q_{\text{AK}}^{\text{XП}}}{Q_{\text{AK}}} \right) \right]^2 \left(1 + \left(\frac{F_{\text{ACo}}}{F_{\text{AKo}}} \right) \left(\frac{Q_{\text{AK}}^{\text{AC}}}{Q_{\text{AK}}} \right) \right), \quad (5)$$

де $S = V/L$ - поперечний перетин реакційної маси в склянці; $F_{\text{XПo}}$ - об'ємна витрата створеної реакційної маси в склянці; F_{ACo} - об'ємна витрата розчину аміачної селітри; Q_A , Q_{AK} , $Q_{\text{AK}}^{\text{XП}}$, $Q_{\text{AK}}^{\text{AC}}$ - масова концентрація ГПА, НАК, азотної кислоти в реакційній масі, азотної кислоти в ПАС на виході зі склянки апарату ВТН відповідно. Так як у виробництві аміачної селітри відношення $F_{\text{Ao}}/F_{\text{AKo}} \approx 0,27$, $F_{\text{XПo}}/F_{\text{AKo}} \approx 0,85$ і $F_{\text{ACo}}/F_{\text{AK}} \approx 0,8$, то рівняння для розрахунку співвідношення сталих часу приводиться до наступної форми:

$$\frac{k_A^{\text{HAK}}}{k_{\text{тМ}}} = \frac{F_{\text{Ao}}}{D_i S} \left[1 + 0,27 \left(\frac{Q_A}{Q_{\text{AK}}} \right) + 0,85 \left(\frac{Q_{\text{AK}}^{\text{XП}}}{Q_{\text{AK}}} \right) \right]^2 \left(1 + 0,8 \left(\frac{Q_{\text{AK}}^{\text{AC}}}{Q_{\text{AK}}} \right) \right). \quad (6)$$

З рівняння (6) видно, що для забезпечення оптимального режиму роботи реактора (максимальності продуктивності апарату ВТН за об'ємною витратою ГПА та мінімальною концентрацією азотної кислоти в ПАС $Q_{\text{AK}}^{\text{AC}}$) достатньо стабілізувати співвідношення коефіцієнтів k_A^{HAK} , який визначається основним регулятором співвідношення (ОРС) об'ємних витрат НАК і ГПА, і $k_{\text{тМ}}$, який визначається корегувальним регулятором співвідношення (КРС) сталих часу τ_{22} і τ_{12} . Практичну реалізацію такого принципу керування процесом нейтралізації азотної кислоти запропоновано виконати за рахунок уведення існуючої САР співвідношення ПАК і ГПА корегувального контуру з КРС за коефіцієнтом співвідношення $k_{\text{тМ}}$. Останній за відхиленням коефіцієнта співвідношення сталих часу від його нормованого значення формує відповідний електричний сигнал, котрий подається на вхід ОРС САР. Окрім того, з метою стабілізації концентрації азотної кислоти в ПАС на виході апарату ВТН запропоновано увести корекцію за цією концентрацією в КРС. Така САР враховує вплив зміни не тільки витрати аміаку, але й концентрації як азотної кислоти, так й аміаку в матеріальних потоках.

Функціональна схема запропонованої САР приведена на (фіг. 2). На схемі показано:

FE1 - давач масової витрати сокової пари;

FE2 - давач масової витрати ГПА;

FE3 - давач масової витрати НАК;

QE6 - давач концентрації азотної кислоти в ПАС;

QE8 - давач концентрації азотної кислота в НАКК;

FfC - ОРС витрат НАК і ГПА;

$\tau\tau\text{C}$ - КРС сталих часу τ_{22} і τ_{12} ;

QC - аналоговий регулятор з ПІ-законом регулювання за концентрацією азотної кислоти в ПАС;

РП - регулюючий пристрій;

$k_{\text{оА}}^{\text{HAK}}$ - задання для ОРС;

$k_{\text{отМ}}$ - задання для КРС;

КМК - керуючий мікроконтролер.

Принцип роботи запропонованої САР полягає в наступному. Сигнали з давачів об'ємних витрат сокової пари $F_{\text{СП}}$, ГПА F_{Ao} і НАК F_{AKo} , а також концентрацій Q_{AK} , $Q_{\text{AK}}^{\text{XП}}$ і $Q_{\text{AK}}^{\text{AC}}$ надходять в керуючий мікроконтролер КМК, котрий збирає та обробляє за відповідним алгоритмом вимірювальну інформацію і розраховує сталі часу τ_{12} і τ_{22} . Останні у формі відповідних електричних сигналів подаються на корегувальний регулятор співвідношення 5, котрий розраховує поточне значення коефіцієнта співвідношення сталих часу $k_{\text{тМ}}$, порівнює його з заданим значенням $k_{\text{отМ}}$ і формує корегувальний сигнал для ОРС 4 витрат НАК та ГПА. Останній змінює витрату F_{AK} НАК таким чином, щоби процес нейтралізації проходив при мінімальній концентрації азотної кислоти в плаві аміачної селітри (ПАС) та максимальній продуктивності.

Експериментальні дослідження, проведені в цеху виробництва аміачної селітри Северодонецького ПрАТ "Азот" показали, що запропонована система керування дозволяє вести процес нейтралізації азотної кислоти при середньому виході ПАС, рівному $F_{\text{П}} = 111475 \text{ кг/год}$, що на 180,5 кг/год. більше, ніж на діючому виробництві. Таким чином приріст виробництва

аміачної селітри складає 1,62 відсотка. При співвідношенні сталих часу $k_{\text{тм}} = 1,15 - 1,20$ технологічний процес нейтралізації можна вести при концентрації ПАС, рівній 92-92,5 відсотків, що відповідає вищому її ґатунку.

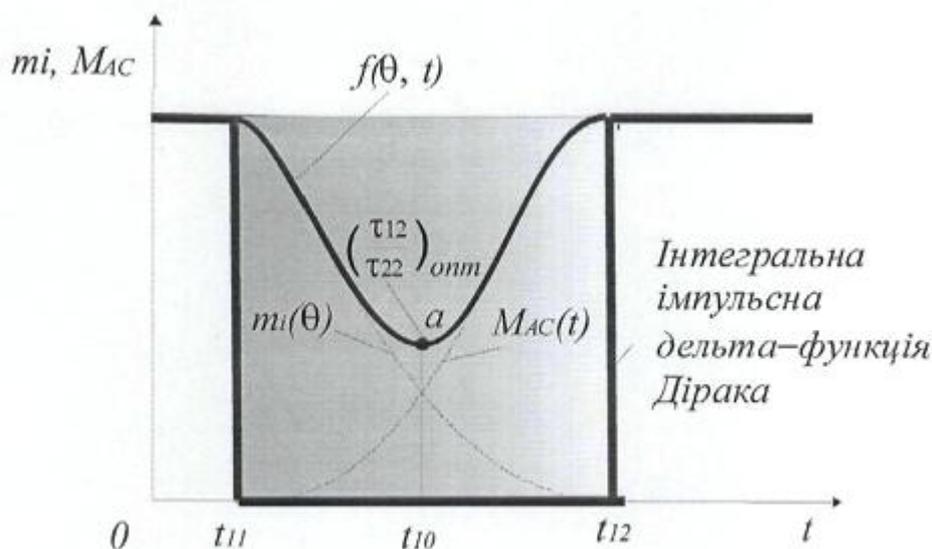
5 Якщо за технологією потрібно, щоби концентрація азотної кислоти в ПАС була заданою, то в корегувальний контур вводиться свій додатковий контур з давачем концентрації азотної кислоти QE 8 та регулятором QC 7, сигнал котрого подається на вхід корегувального регулятора співвідношення 5.

10 Як видно з вищенаведеного, запропонований спосіб керування процесом нейтралізації неконцентрованої азотної кислоти газоподібним аміаком дозволяє отримати закладені заявником технічні результати.

Проведений аналіз патентної літератури показав, що запропонований винахід відповідає вимогам "новизна".

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

15 Спосіб керування процесом нейтралізації азотної кислоти у виробництві аміачної селітри, що включає керування за відхиленням коефіцієнта співвідношення об'ємних витрат неконцентрованої азотної кислоти (НАК) та газоподібного аміаку (ГПА) з корекцією за відхиленням співвідношення сталих часу, які характеризують процес руху вхідних матеріальних потоків на вході в реакційну склянку апарата використання тепла нейтралізації (ВТН) та процес руху вихідних матеріальних потоків плаву аміачної селітри та сокової пари за допомогою системи автоматичного регулювання (САР) з регулятором співвідношення об'ємних витрат НАК і ГПА, який **відрізняється** тим, що для регуляції співвідношення об'ємних витрат НАК і ГПА вводять корегувальний контур для забезпечення матеріального балансу між масовою витратою вхідних та вихідних матеріальних потоків апарата ВТН, забезпечений регулятором співвідношення сталих часу, одна з яких характеризує динамічні властивості руху маси вихідних речовин на вході апарата ВТН, а інша - динамічні властивості руху маси вихідних речовин, додатково забезпечений керуючим мікропроцесорним контролером, призначеним для обробки вимірювальної інформації, яка надходить з здавачів витрат матеріальних потоків та аналізаторів, розрахунку сталих часу та формування відповідних електричних сигналів, котрі подають на регулятор співвідношення сталих часу, за рахунок чого формують корегувальний сигнал, пропорційний відхиленню коефіцієнта співвідношення сталих часу від його нормованого значення, котрий подають на регулятор співвідношення витрат НАК і ГПА.



Фіг. 1

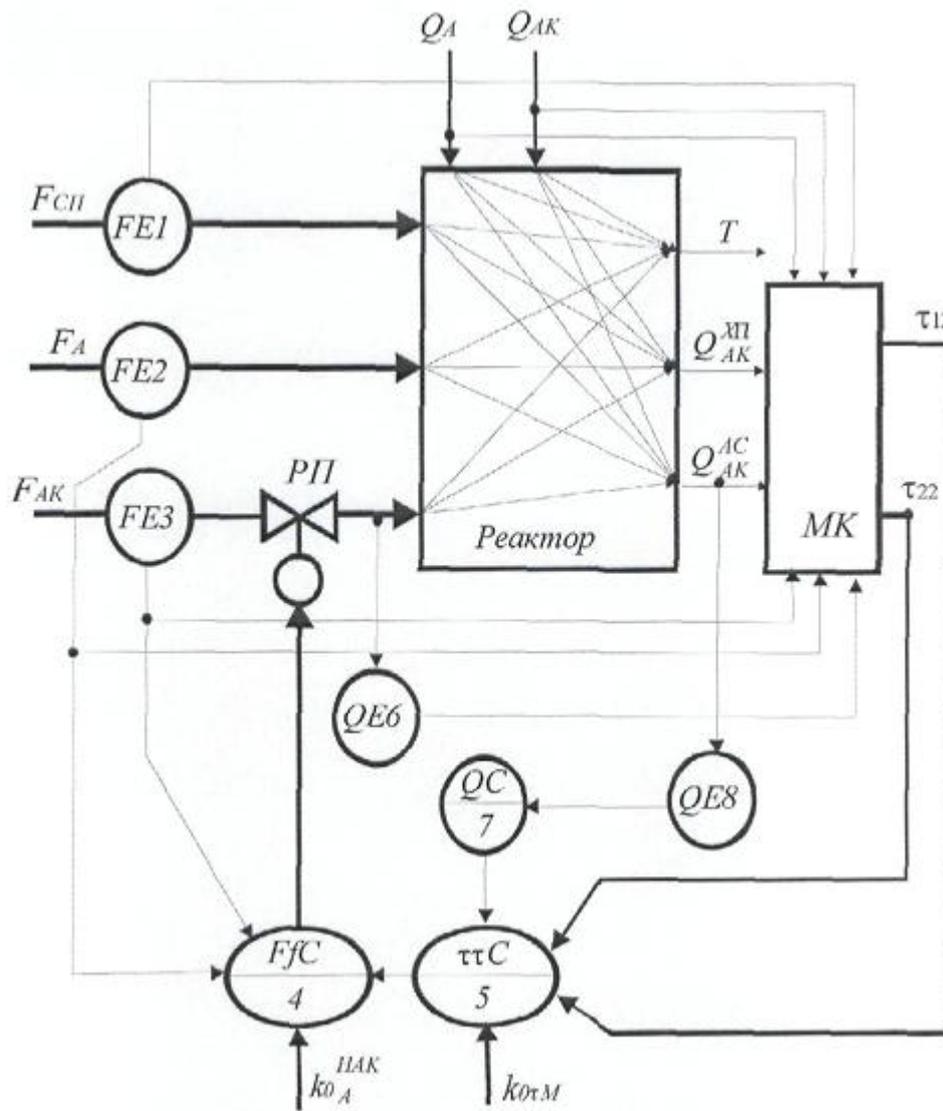


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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

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