



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114942** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F25B 15/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2016 10440</p> <p>(22) Дата подання заявки: 13.10.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.03.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.03.2017, Бюл.№ 6</p>	<p>(72) Винахідник(и): Бабіченко Анатолій Костянтинович (UA), Подустов Михайло Олексійович (UA), Бабіченко Юлія Анатоліївна (UA), Кравченко Яна Олегівна (UA), Красніков Ігор Леонідович (UA), Лисаченко Ігор Григорович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</p>
---	---

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ АБСОРБЦІЙНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ

(57) Реферат:

Спосіб керування абсорбційною холодильною установкою, до складу якої входять генератор-ректифікатор з постійною витратою теплоносія для його обігріву, дефлегматор, абсорбер з постійною витратою води для його охолодження, ресивер абсорбера, конденсатор повітряного охолодження з ресивером рідкого холодоагенту, насос для подачі міцного розчину послідовно через дефлегматор і теплообмінник розчинів до генератора-ректифікатора та випарник для охолодження циркуляційного газу, шляхом регулювання витрати міцного розчину, рівнів слабкого розчину у генераторі-ректифікаторі і рідкого холодоагенту у випарнику. При цьому додатково контролюють склад, витрату, тиск та температуру циркуляційного газу на вході випарника, температуру циркуляційного газу на виході випарника, тиск кипіння холодоагенту у випарнику, витрату пари холодоагенту до конденсатора, витрату флегми, температуру та концентрацію холодоагенту на вході випарника і за отриманими даними цього контролю обчислюють як завдання регулятора величину витрати флегми за допомогою OPC-сервера з програмним забезпеченням, за якою змінюють кількість дренажної флегми з випарника.

UA 114942 U

Корисна модель належить до холодильної техніки, а точніше до способів керування абсорбційною холодильною установкою виробництва аміаку.

Відомі способи керування режимом роботи абсорбційної холодильної установки шляхом встановлення моменту періодичного дренажу флегми з випарника, що охолоджує циркуляційний газ на дільниці вторинної конденсації виробництва аміаку і в якому накопичується вода в процесі кипіння рідкого холодоагенту (аміаку) у міжтрубному просторі, у залежності від досягнення заданої температури охолодження циркуляційного газу [1].

Недоліком відомих способів є їх мала експлуатаційна надійність у випадку зміни температури циркуляційного газу на вході до випарника, що спостерігається під час сезонних і добових коливань температури атмосферного повітря внаслідок застосування на стадії первинної конденсації виробництва аміаку повітряного охолодження циркуляційного газу. За таких умов неможливо однозначно визначити задану температуру циркуляційного газу на виході випарника, а отже, і момент початку періодичного дренажу флегми. При цьому процес періодичного дренажу флегми порушує режим установки, а при невмілому виконанні його може повністю зупинити роботу [2]. Крім того, недоліком таких способів є і мала економічність внаслідок неоднозначності у встановленні цієї заданої температури циркуляційного газу на виході випарника. Так, наприклад, якщо підвищення температури циркуляційного газу на виході випарника вище заданої відбулось внаслідок збільшення температури циркуляційного газу на вході випарника, то регулятор спрацює на здійснення процесу дренажу флегми, що призведе до невиправданої втрати холодоагенту, який би міг бути випареним з випарника, а отже, і холодопродуктивності. За такої умови підвищиться температура циркуляційного газу на виході випарника, збільшення якої згідно з літературними даними [3] навіть на 1 °C призводить до підвищення навантаження на трикорпусний відцентровий компресор з приводом від парової турбіни, що розташований між дільницями первинної і вторинної конденсації, на 31,75 кВт, а отже, і природного газу та глибоко знесоленої води відповідно на 42,68 м³/год. (307354 м³/рік) та 408,51 кг/год. (3264 т/рік) у допоміжний паровий котел. У разі, якщо зниження температури циркуляційного газу на виході випарника нижче заданої відбулось за рахунок зниження температури циркуляційного газу на вході випарника, то регулятор навпаки не спрацює на здійснення процесу дренажу флегми, незважаючи на те, що накопичення води у випарнику може бути критичним, а отже, призвести до зневоднення холодильної установки і зриву її роботи.

Найбільш близьким за технічною суттю та ефективністю є способи керування абсорбційною холодильною установкою, до складу якої входять генератор-ректифікатор, що обігривається теплоносієм за постійності його витрати, дефлегматор, абсорбер, що охолоджується водою за постійності її витрати, з ресивером міцного розчину, конденсатор, що охолоджується повітрям, з ресивером рідкого холодоагенту, насос подачі міцного розчину послідовно крізь дефлегматор і теплообмінник розчинів до генератора-ректифікатора та випарник для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації після повітряного охолодження його на стадії первинної конденсації виробництва аміаку, шляхом стабілізації витрати міцного розчину, рівнів слабкого розчину у кубі генератора-ректифікатора, рідкого холодоагенту у випарнику та неперервного і неконтрольованого приладами вимірювання витрати в процесі дренажу флегми з випарника, у якому накопичується абсорбент (вода) при кипінні холодоагенту (аміаку) у його міжтрубному просторі [2, 4].

Недоліком цих способів є їх мала економічність в умовах зміни теплового навантаження з циркуляційним газом випарника і повітряного конденсатора внаслідок сезонних та добових коливань температури атмосферного повітря за постійності витрат теплоносія через генератор-ректифікатор і охолоджуючої води через абсорбер. За таких коливань температури атмосферного повітря постійно відбуваються зміни концентрації холодоагенту (0,993÷0,996 кг/кг) на вході випарника внаслідок зміни тиску конденсації (1,2÷1,6 МПа), тиску кипіння (0,26÷0,29 МПа) холодоагенту у випарнику та витрати холодоагенту до повітряного конденсатора (17÷20 т/год.), що вимагає необхідності регулювання витрати флегми в процесі неперервного її дренажу з випарника з метою підтримки температури охолодження циркуляційного газу на мінімально можливому рівні, а отже, і забезпечення максимальної економічності роботи абсорбційно-холодильної установки та агрегату синтезу аміаку в цілому.

Задачею корисної моделі є зниження витрати природного газу і глибоко знесоленої води у додатковий паровий котел відділення пароутворення за рахунок зниження температури охолодження циркуляційного газу у випарнику та підтримки її на мінімально можливому рівні в умовах сезонних та добових коливань температури атмосферного повітря, що впливає на теплове навантаження абсорбера, випарника і повітряного конденсатора.

Для вирішення поставленої задачі поряд з відомими способами керування абсорбційною холодильною установкою, до складу якої входять генератор-ректифікатор, що обігривається теплоносієм з постійною витратою, дефлегматор, абсорбер, що охолоджується водою за постійності її витрати, з ресивером міцного розчину, конденсатор повітряного охолодження з ресивером рідкого холодоагенту, насос подачі міцного розчину послідовно через дефлегматор і теплообмінник розчинів до генератора-ректифікатора та випарник для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації виробництва аміаку, шляхом стабілізації витрати міцного розчину, рівнів слабкого розчину у генераторі-ректифікаторі і рідкого холодоагенту у випарнику, додатково з метою підвищення економічності і експлуатаційної надійності в умовах зміни теплового навантаження абсорбера, випарника і повітряного конденсатора, контролюють склад, витрату, тиск і температуру циркуляційного газу на вході випарника, температуру циркуляційного газу на виході випарника, тиск кипіння пари холодоагенту у випарнику, витрату пари холодоагенту до конденсатора, витрату флегми, концентрації та температуру холодоагенту до випарника і за результатами вимірювання цих технологічних параметрів обчислюють за допомогою OPC-сервера з програмним забезпеченням, у яке закладено математичну модель випарника [5], величину витрати флегми для встановлення її як завдання регулятора з метою мінімізації температури охолодження циркуляційного газу.

На кресленні схематично представлена установка (фіг. 1), у якій реалізується спосіб керування.

Технологічна установка і система керування містять генератор-ректифікатор 1, що обігривається теплоносієм, абсорбер 2, що охолоджується водою, з ресивером 3, випарник 4, повітряний конденсатор 5 з ресивером 6, дефлегматор 7, теплообмінник 8 розчинів, переохолоджувач 9, датчик 10 регулювання рівня слабкого розчину у генераторі-ректифікаторі з регулятором 11, діючим на регулюючий клапан 12, датчик 13 рівня рідкого аміаку у випарнику 4 з регулятором 14, діючим на регулюючий клапан 15 для зміни витрати рідкого аміаку з ресивера 6 у випарник 4, датчик 16 витрати міцного розчину з регулятором 17, діючим на регулюючий клапан 18, встановлений після насоса 19 на лінії подачі міцного розчину через дефлегматор 7 і теплообмінник 8 розчинів у генератор-ректифікатор 1, датчик 20 витрати флегми з регулятором 21, діючим на регулюючий клапан 22 для зміни витрати флегми з випарника 4 в ресивер абсорбера 3, а також датчики контролю витрати аміаку 23 до конденсатора 5, тиску кипіння аміаку 24 у випарнику 4, концентрації з аналізатором 25 і температури 26 рідкого аміаку на вході випарника 4, температури циркуляційного газу 27 і 28 відповідно на вході і виході випарника 4, витрати 29 і тиску 30 циркуляційного газу на вході випарника 4, складу циркуляційного газу 31 з аналізатором, інформаційні сигнали від яких перетворюються модулем вводу-виводу (МВВ) 32 у цифровий код і далі по промисловій мережі 33 надходять до OPC-сервера 34 з програмним забезпеченням, за допомогою якого визначається з використанням математичної моделі випарника величина витрати флегми, що далі надходить через промислову мережу 32 і модуль перетворення 31 як завдання на регулятор 21, впливаючи таким чином на регулюючий клапан 22 і змінюючи витрату флегми з метою мінімізації температури охолодження циркуляційного газу.

Спосіб керування здійснюється наступним чином.

Приклад 1. За результатами вимірювання за допомогою датчиків отримані наступні значення по режиму роботи випарника абсорбційно-холодильної установки, що зведені до таблиці 1.

Таблиця 1. Експериментальні дані по роботі випарника абсорбційно-холодильної установки.

Циркуляційний газ (трубний простір)									Концентрація холодоагенту на вході у випарник ξ_x^{ex} , кг/кг (датчик з аналізатором 25)	Тиск кипіння холодоагенту у випарнику $P_{вт}$, МПа (датчик 24)	Витрата холодоагенту на вході конденсатора M_x^{ex} , т/год (датчик 23)	Витрата флегми M_x^{ex} , т/год	Температура рідкого аміаку на вході випарника (датчик 26) t_x^{ex} , °C
Витрата V_H , $nm^3/год$ (датчик 29)	Тиск P_H , МПа (датчик 30)	Температура, °C		Склад на вході a_i^{ex} , % об (датчик з аналізатором 31)									
		Вхід t_H^{ex} (датчик 27)	Вихід t_H^{ex} (датчик 28)	водень	азот	метан	аргон	аміак					
310500	23,8	13	-11	56,5	19,4	8,5	5,9	8,7	0,993	0,16	18	0,607	26

Примітка: витрата флегми в промислових умовах визначалась за часом наповнення певного об'єму у каліброваній смості

Отримані інформаційні сигнали від датчиків 23-К31 далі перетворюються модулем вводу-виводу 32 у цифровий код і через промислову мережу 33 надходять до OPC-сервера 34 (обчислювач) з програмним забезпеченням, де закладено алгоритм розрахунку для мінімізації температури охолодження циркуляційного газу $t_C^{вix}$ з використанням математичної моделі випарника. Отримані результати обчислень зведені на фіг. 2, які дозволяють проаналізувати процеси, що відбуваються із зміною витрати флегми і визначити її величину.

Наведені залежності свідчать, що по таких показниках як тепловий потік Φ (холодопродуктивність) і витрата сконденсованого з циркуляційного газу аміаку $M_K^{вix}$ характеристики мають екстремальний характер, що обумовлено екстремальною залежністю температури циркуляційного газу на виході випарника $t_C^{вix}$ від зміни витрати флегми $M_x^{вix}$. Так підвищення $M_x^{вix}$ від 0,6 до 0,8 т/год., що визначає мінімальне значення $t_C^{вix} = -14,3$ °C, призводить до збільшення середньої концентрації $\xi_x^{вix}$ киплячого холодоагенту з 0,78 до 0,84 кг/кг, а це в свою чергу за умови постійного тиску $P_{вт} = 0,16$ МПа викликає зниження температури холодоагенту від -17,7 до -19 °C. Завдяки цьому спостерігається підвищення середньої різниці температур, витрати холодоагенту $M_y^{вix}$, що випаровується, з 16,6 до 17,2 т/год. (на фіг. 2 не показано) і як наслідок - збільшення холодопродуктивності від 4,9 до 5,25 МВт. Витрата конденсату на виході випарника $M_K^{вix}$ підвищується з 17,94 до 18,16 т/год.

Подальше збільшення $M_x^{вix}$ до 1 т/год. за умови постійності $M_x^{вix} = 18$ т/год. викличе зниження рівня, а отже, і виключення частини поверхні теплообміну з роботи та падіння холодопродуктивності до 5,13 МВт, а температури $t_C^{вix}$ до -13 °C. При цьому, регулятор рівня 14 з датчиком 13 і клапаном 15 вже не зможуть забезпечити стабілізацію його на заданому значенні. Отже, запропонований спосіб керування з визначенням оптимальної величини витрати флегми дозволяє встановити баланс між існуючою витратою холодоагенту $M_x^{вix} = 18$ т/год. на вході конденсатора 5, що виробляється генератором-ректифікатором 1, витратою $M_y^{вix} = 17,2$ т/год. холодоагенту, що випаровується, та витратою флегми $M_x^{вix}$ з випарника 4. Отримана оптимальна величина флегми $M_x^{вix} = 0,8$ т/год. з OPC-сервера через промислову мережу 33 і перетворювач 32 надходить як завдання на регулятор 21, який, впливаючи на клапан 22, змінює витрату оптимального рівня.

Таким чином, за рахунок застосування запропонованого способу керування температура охолодження циркуляційного газу у випарнику може бути знижена з -11 °C до -14,3 °C, тобто на

3,3 °С, а отже, і знижена витрата природного газу і глибоко знесоленої води відповідно на 140,8 нм³/год. (1126752 нм³/рік) і 1,348 т/год. (1078,4 т/рік).

Приклад 2. У випадку підвищення тиску в абсорбері 2 з 0,16 до 0,2 МПа за рахунок збільшення температури води, що охолоджує абсорбер, підвищиться і тиск у випарнику 4. За таких умов і постійності значень параметрів, наведених у табл. 1, датчики надішлють інформаційні сигнали через перетворювач 32 і промислову мережу 33 до OPC-сервера 34 з програмним забезпеченням, який за відповідним алгоритмом виконає обчислення оптимальної витрати флегми $M_x^{вих}$, за якої забезпечується мінімальна температура охолодження циркуляційного газу. Отримані результати обчислень за тиску у випарнику 0,2 МПа наведені на фіг. 3.

Згідно з фіг. 3 виходить, що якби витрата флегми за тиску 0,2 МПа залишилася на постійному рівні 0,607 т/год., як це наведено у табл. 1, то температура охолодження циркуляційного газу $t_{ц}^{вих}$ була б на рівні -8,5 °С, тоді як по результатах обчислення вона має складати -11,4 °С за оптимальної витрати флегми $M_x^{вих}=1,65$ т/год. При цьому і холодопродуктивність збільшується з 4,31 до 4,87 МВт.

Таким чином, за рахунок застосування цього способу керування температура охолодження циркуляційного газу може бути знижена з -8,5 °С до -11,4 °С, тобто на 2,9 °С.

Приклад 3. Завдяки зміні температури атмосферного повітря, що охолоджує конденсатор, змінюється і концентрація холодоагенту на вході випарника внаслідок зміни тиску конденсації. Внаслідок зміни концентрації холодоагенту, наприклад, до 0,998 кг/кг і тиску у випарнику до 0,25 МПа, що спостерігається у весняно-літній період, та за постійності усіх показників згідно з табл.1, OPC-сервер 34 через промислову мережу 33 і перетворювач 32 отримує від датчиків інформаційний масив з урахуванням вказаних вище змін концентрації і тиску у випарнику. За такої зміни параметрів OPC-сервер виконає розрахунок по визначенню оптимальної витрати флегми, основні результати яких узагальнені на фіг. 4.

Згідно з фіг. 4 виходить, що за підвищення тиску у випарнику 4 і концентрації холодоагенту на його вході значення оптимальної витрати флегми $M_x^{вих}$ збільшується до 2,5 т/год., за якої підвищується мінімальне значення температури $t_{ц}^{вих}$ до рівня -8,7 °С, що обумовлено в основному, не зважаючи на збільшення концентрації холодоагенту, підвищеним тиском у випарнику. При цьому і холодопродуктивність досягає величини лише 4,3 МВт.

Однак за рахунок застосування запропонованого способу керування у цьому випадку температура охолодження циркуляційного газу може бути знижена з -6,2 °С при витраті флегми 0,607 т/год. до -8,7 °С при витраті флегми 2,5 т/год., тобто на 2,5 °С. Це ще раз підтверджує необхідність регулювання витрати флегми у залежності від зміни запропонованих для контролю значень технологічних параметрів, що характеризують роботу випарника.

Слід відзначити, що в усіх наведених вище прикладах регулятор витрати міцного розчину 17 разом з датчиком 16 і регулюючим клапаном 18 та регулятор рівня слабкого розчину 11 разом з датчиком 10 і регулюючим клапаном 12 забезпечують підтримку матеріального балансу в абсорбційно-холодильному циклі установки, а пакет MATLAB-Simulink OPC-сервера застосований для визначення і коригування параметрів настроювання регулятора 21, що функціонує за ПІД-алгоритмом керування. Таким чином, додатковий контроль складу, витрати, тиску та температури циркуляційного газу на вході випарника, температури циркуляційного газу на виході випарника, тиску кипіння холодоагенту у випарнику, витрати пари холодоагенту до конденсатора, концентрації та температури холодоагенту на вході випарника і встановлення завдання регулятору флегми для зміни її величини за результатами контролю перелічених вище параметрів та обчислень за допомогою OPC-сервера з програмним забезпеченням підвищує економічність абсорбційно-холодильної установки за рахунок зниження температури охолодження циркуляційного газу в середньому на 3 °С, що забезпечує зниження витрати природного газу на 128 нм³/год. і глибоко знесоленої води на 1,22 т/год. у додатковий паровий котел відділення пароутворення виробництва аміаку з метою отримання пари високого тиску 10,5 МПа для приводу парової турбіни відцентрового компресора стиску азотно-водневої суміші та циркуляційного газу.

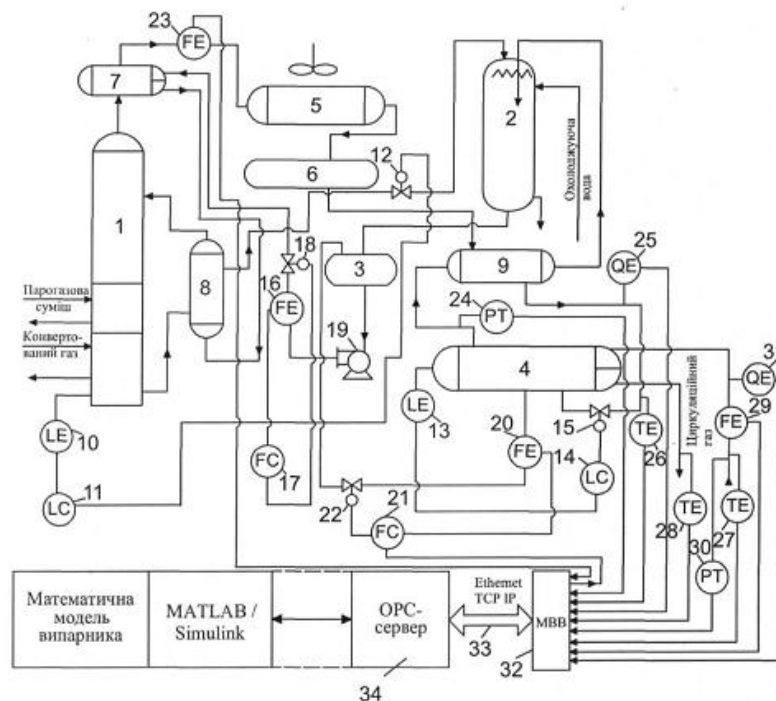
Отже, економічна ефективність застосування запропонованого способу керування у порівнянні з прототипом забезпечується зниженням споживання природного газу на 128 нм³/год. (1,02 млн. нм³/рік) і глибоко знесоленої води на 1,22 т/год. (9804 т/рік). При вартості природного газу 6000 грн. за 1 тис. м³ та глибоко знесоленої води 10 грн за одну тонну економічний ефект складає 6,22 млн. грн. для одного агрегату синтезу аміаку.

Список джерел інформації

1. А.С. № 802745 СССР (1980), МКИ F25 В49/00, F25В 15/02. Способ управления режимом работы абсорбционной холодильной установки / [Бабиченко А.К., Ерощенко С.А., Ефимов В.Т., Букаров А.Р., Мазур А.А., Мериуц В.И.]. - № 2721832/23-06; заявл.07.02.1979; опубл.07.02.1981, Бюл. № 5.
2. Бадылькес И.С. Абсорбционные холодильные машины / И.С. Бадылькес, Р.Л. Данилов. - М: Пищепромиздат, 1966. - С. 236-239, рис.126, С.218.
3. Бабиченко А.К., Ефимов В.Т. Влияние температуры вторичной конденсации на экономические показатели работы агрегатов синтеза аммиака большой мощности / А.К. Бабиченко, В.Т. Ефимов // Вопросы химии и химической технологи. - Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. -Вып.80. – С.113-117.
4. Постоянный технологический регламент цеха аммиака 1-Б, № 114. -Северодонецк: СГПП "Объединение "Азот", 2000.-784 с.
5. Бабиченко А.К. Идентификация и математическое моделирование испарителя абсорбционной холодильной установки агрегата синтеза аммиака / А.К. Бабиченко, В.И. Тошинский, Ю.А. Бабиченко, И.Л. Красников // - Х.: ХГПУ, 2000. - Вып. № 78. - С.62-64.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб керування абсорбційною холодильною установкою, до складу якої входять генератор-ректифікатор з постійною витратою теплоносія для його обігріву, дефлегматор, абсорбер з постійною витратою води для його охолодження, ресивер абсорбера, конденсатор повітряного охолодження з ресивером рідкого холодоагенту, насос для подачі міцного розчину послідовно через дефлегматор і теплообмінник розчинів до генератора-ректифікатора та випарник для охолодження циркуляційного газу, шляхом регулювання витрати міцного розчину, рівнів слабого розчину у генераторі-ректифікаторі і рідкого холодоагенту у випарнику, який **відрізняється** тим, що додатково контролюють склад, витрату, тиск та температуру циркуляційного газу на вході випарника, температуру циркуляційного газу на виході випарника, тиск кипіння холодоагенту у випарнику, витрату пари холодоагенту до конденсатора, витрату флегми, температуру та концентрацію холодоагенту на вході випарника і за отриманими даними цього контролю обчислюють як завдання регулятору величину витрати флегми за допомогою OPC-сервера з програмним забезпеченням, за якою змінюють кількість дренажної флегми з випарника.



Фиг. 1

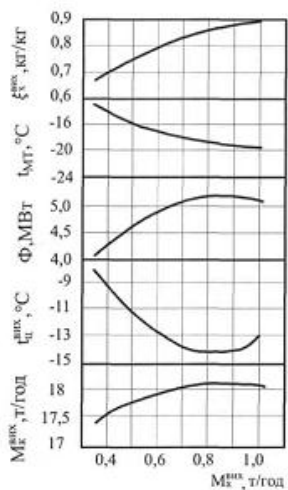


Fig. 2

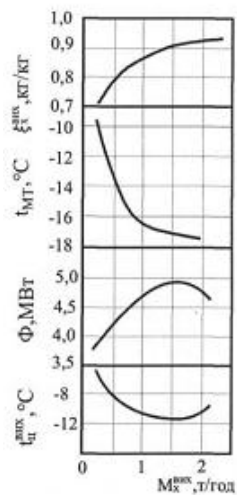


Fig. 3

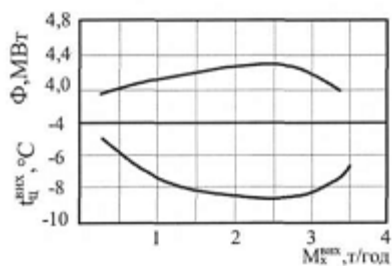


Fig. 4

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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