



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110718** (13) **C2**
(51) МПК (2016.01)
G01N 25/18 (2006.01)
G01N 11/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2013 14369</p> <p>(22) Дата подання заявки: 09.12.2013</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.02.2016</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.06.2015, Бюл.№ 11</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2016, Бюл.№ 3</p>	<p>(72) Винахідник(и): Ткаченко Станіслав Йосипович (UA), Пішеніна Надія Володимирівна (UA), Румянцева Тетяна Юрївна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 97021 C2, 26.12.2011 SU 535491 A1, 15.11.1976 UA 56758 U, 25.01.2011 UA 24616 U, 10.07.2007 EP 1967936 A2, 10.09.2008 US 5139079 A, 18.08.1992 Елюхіна І. В. Практикум с крутильним вискозиметром в естественно-научном цикле дисциплин/ «Вестник ЮУРГУ», №10, 2009 Пивинский Ю. Е. Реология дилатантных и тиксотропных дисперсных систем. - Санкт-Петербург: РИО СПбГТИ(ТУ), 2001, - С. 34-38 Елюхіна І. В. Возможность идентификации вязкопластичных свойств жидкостей в экспериментах с крутильным вискозиметром. II. Численные эксперименты. Труды 12 Российской конференции "Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов", Екатеринбург, 22-26 сент. - 2008. - Т. 2. Экспериментальное изучение жидких и аморфных металлических систем и их взаимосвязь с кристаллическим состоянием. Екатеринбург: ИМет УрО РАН. 2008, с. 166-169</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

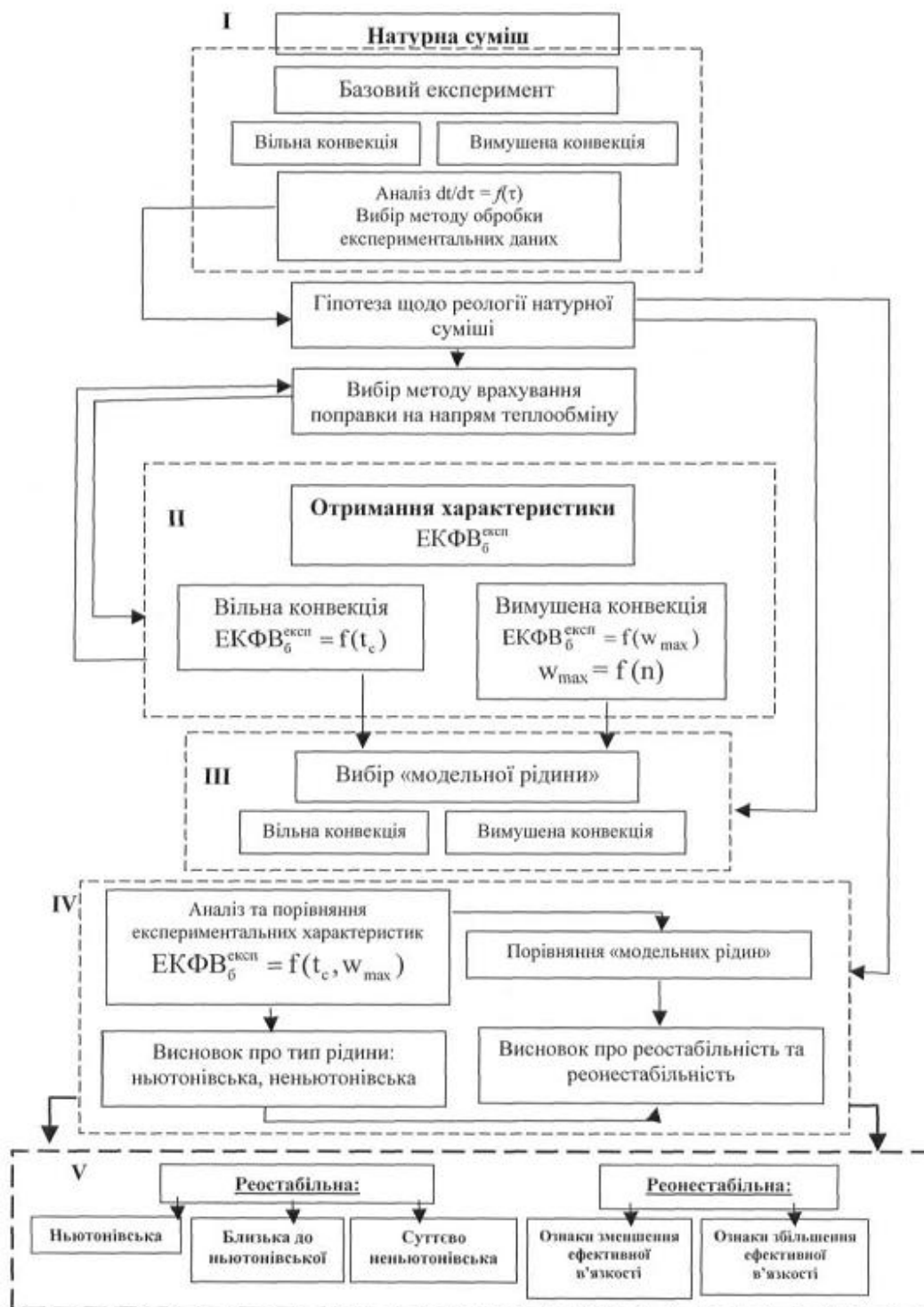
(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РЕОСТАБІЛЬНОСТІ СУМІШЕЙ З НЕВИЗНАЧЕНИМИ ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ В РЕАЛЬНИХ ТЕПЛОГІДРОДИНАМІЧНИХ, БІО- І ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

(57) Реферат:

Винахід належить до області теплофізичних вимірювань та до способів експериментальних досліджень і перевірки особливостей реологічної поведінки складних багатофазних полікомпонентних структурних речовин, хімічно реагуючих сумішей, біохімічних середовищ в конкретних теплогідродинамічних умовах і може бути використаний для ідентифікації

UA 110718 C2

багатокомпонентних, багатофазних рідин та сумішей органічного походження, що використовуються як сировина в переробній, харчовій, хімічній промисловості, в системах біоконверсії, біоенергетики, а також для оцінювання рівня інтенсивності теплообміну в проектуванні теплотехнологічного обладнання зазначених галузей. Спосіб включає проведення експериментальних досліджень вимушеного руху досліджуваних структурних сумішей, проводять експериментальне і теоретичне дослідження процесу теплообміну в натурній суміші за умов вільної і вимушеної конвекції на спеціальному базовому експериментальному стенді. За отриманими експериментальними залежностями виявляють умови, за яких суміш в закономірностях інтенсивності теплообміну відповідає ньютонівській рідині, виявляють зміни реологічних властивостей в суміші в залежності від теплогідродинамічної ситуації в ній.



Фіг. 4

Винахід належить до області теплофізичних вимірювань та до способів експериментальних досліджень і перевірки особливостей реологічної поведінки складних багатофазних полікомпонентних структурних речовин, хімічно реагуючих сумішей, біохімічних середовищ в конкретних теплогідродинамічних умовах і може бути використаний для

5

ідентифікації багатокомпонентних, багатофазних рідин та сумішей органічного походження, що використовуються як сировина в переробній, харчовій, хімічній промисловості, в системах біоконверсії, біоенергетики, а також для оцінювання рівня інтенсивності теплообміну в проектуванні теплотехнологічного обладнання зазначених галузей.

10

Відомим є спосіб визначення коефіцієнта тепловіддачі за умов конвективного теплообміну органічної суміші [Патент на корисну модель України № 24616, кл. G01N25/18. заявл. 05.02.2007.: опубл. 10.07.2007., Бюл. № 10], який полягає у вимірюванні температури теплоносіїв, вимірюванні маси трійного теплоносія та суміші, а температуру трійного теплоносія та суміші вимірюють через проміжки часу і визначають експериментальний коефіцієнт конвективної тепловіддачі в базовому режимі теплообміну $a_{\text{експ}}^{\text{баз}}$ при температурі

15

$$\text{КФВ}_{\text{експ}}^{\text{баз}} = \frac{\alpha_{\text{експ}}^{\text{баз}}}{A}, (1)$$

суміші $a_{\text{експ}}^{\text{баз}}$ і температурному напорі між грійною стінкою і сумішшю Δt , які відповідають шуканим режимам, а комплекс фізичних властивостей для базового режиму теплообміну визначають за залежністю

20

де A - коефіцієнт, що враховує всі параметри, які входять в критеріальне рівняння для базового режиму теплообміну, окрім теплофізичних властивостей, а з використанням критеріальних рівнянь, які відповідають шуканому режиму теплообміну, і значень комплексу фізичних властивостей для базового режиму розраховують комплекс фізичних властивостей, що відповідає шуканому режиму теплообміну $\text{КФВ}_{\text{експ}}^{\text{шук}}$, причому експериментально-розрахунковий шуканий коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_{\text{ер}}^{\text{шук}}$ визначають за структурованим

25

критеріальним рівнянням з врахуванням $\text{КФВ}_{\text{експ}}^{\text{шук}}$.

Недоліками відомого способу є обмежені функціональні можливості - визначення лише коефіцієнтів тепловіддачі для заданих умов теплообміну.

30

Найбільш близьким по суті є спосіб визначення реостабільності суміші шляхом ротаційної віскозиметрії, який полягає у проведенні експериментальних досліджень вимушеного руху досліджуваних структурних сумішей, вимірюванні залежності деформації зсуву від часу за умови сталого напруження зсуву та вимірювання залежності напруження зсуву від деформації за умови сталої швидкості зсуву, побудові повних реологічних кривих течії у вигляді залежностей ефективної в'язкості від швидкості зсуву, напруження зсуву та від тривалості деформації зсуву. Аналізуючи експериментально отримані залежності робиться висновок про реостабільність або реонестабільність суміші. [Пивинский Ю.Е. Реология дилатантных и тиксотропных дисперсных систем/ Ю.Е. Пивинский. - Санкт-Петербург: РИО СПбГТИ(ТУ) - 2001. - 174 с.].

35

Недоліками відомого способу є те, що спосіб не дозволяє змоделювати рух суміші в теплогідродинамічних умовах які створюються під час реальних теплотехнологічних, біо- і хіміко-технологічних процесах. Інтенсивність конвективного теплообміну значною мірою обумовлює ефективну в'язкість та реологічні показники, що властиві суміші в даних реальних теплогідродинамічних умовах. Отже, ефективна в'язкість, що обумовлюється реальним процесом, може не співпадати з в'язкістю, визначеною в штучно створених умовах механічними способами.

45

В основу винаходу поставлено задачу створення способу визначення реостабільності сумішей з невизначеними теплофізичними властивостями в реальних теплогідродинамічних, біо- і хіміко-технологічних процесах, в якому за рахунок проведення комплексу експериментальних досліджень процесу теплообміну в суміші за умов вільної і вимушеної конвекції на спеціально створеному базовому експериментальному стенді та застосування теорії подібності у новому аспекті для обробки та аналізу результатів експериментів, досягається можливість багатоваріантних досліджень процесів теплообміну в суміші, виявити умови поведінки суміші за законами ньютонівської рідини, тобто умови, за яких суміш в закономірностях інтенсивності теплообміну відповідає ньютонівській рідині, оцінити наявність та стан структури суміші, зруйнована чи незруйнована, а також виявити зміни реологічної поведінки суміші в залежності від теплогідродинамічної ситуації в ній та в процесі хімічних та

55

біохімічних перетворень, виявити схильність суміші до втрати реостабільності, що приводить до підвищення точності визначення коефіцієнтів тепловіддачі для проектування теплообмінного обладнання і, внаслідок цього, покращення енергоефективності теплотехнологічних систем.

5 Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення реостабільності сумішей з невизначеними теплофізичними властивостями в реальних теплогідродинамічних, біо- і хіміко-технологічних процесах, що включає аналізування експериментально отриманих залежностей, будується залежність еквівалента комплексу фізичних властивостей від характерної швидкості руху натурної суміші таким чином, що виключається вплив температури та температурного напору, причому залежність будується в діапазоні температур та швидкостей, які властиві реальному технологічному процесу, а в діапазоні характерних швидкостей, де значення еквівалента комплексу фізичних властивостей не змінюється, поведження суміші трактується як ньютонівське, а в діапазоні характерних швидкостей, де значення еквівалента комплексу фізичних властивостей збільшується, поведження суміші трактується як неньютонівське з руйнуванням структури.

15 На Фіг. 1 та Фіг. 2 представлено експериментальний стенд для реалізації способу.

На Фіг. 3 показано структуру натурної суміші.

На Фіг. 4 наведено структуру реалізації способу.

На Фіг. 5 представлено приклад характерних залежностей $EKFV_6^{експ} = f(\bar{t}, w_{max})$ криві 9, 9', 9'' показують, що суміш (рідина) у всьому діапазоні зміни параметрів досліджень поводить себе як ньютонівська рідина (суміш); криві 10 і 11 - це криві явно реонестабільної суміші, але присутні ділянки, які за поведінкою відповідають ньютонівській рідині.

20 На Фіг. 6 Залежність $EKFV_6^{експ}$ від w_{max} для рідкого гною великої рогатої худоби вологістю 92 %, 94 % і свиней вологістю 90 %, 94 %.

25 На Фіг. 7. Залежність $EKFV_6^{експ}$ від w_{max} для ньютонівських та близьких до ньютонівських рідин.

Пристрій для здійснення способу, який являє собою базовий експериментальний стенд із двох установок: для дослідження теплообміну за умов вільної (Фіг. 1) та вимушеної конвекції (Фіг. 2). Установка дослідження теплообміну за умов вільної конвекції (Фіг. 1) складається із зовнішньої металевої посудини 1 з циліндричними стінками, зовнішня поверхня якої ізольована, в якій коаксіально розміщено внутрішню металеву циліндричну посудину 2 за допомогою фіксуючої теплоізоляційної тришарової підставки 3, утворюючи циліндричну теплообмінну поверхню, та ізольованої ззовні металевої кришки 4. Основними елементами установки є дві робочі порожнини - зовнішня, ємністю V_1 , та внутрішня, ємністю V_2 , в яких встановлено датчики вимірювання температури трійного теплоносія 5 та натурної суміші 6, організовано автоматичне фіксування температур по об'єму трійного теплоносія та натурної суміші 7, результати вимірювань передаються на комп'ютер 8.

35 Для дослідження теплообміну за умов вимушеної конвекції базова експериментальна установка (Фіг. 2) містить зовнішню металеву посудину 1, в якій розміщено внутрішню циліндричну металеву посудину 2 за допомогою фіксуючої теплоізоляційної тришарової підставки 3, утворюючи циліндричну теплообмінну поверхню, у внутрішній посудині співвісно розміщено пропелерну мішалку 5, яка з'єднана з електродвигуном 6 через теплоізоляційну кришку з отворами 4.

Спосіб здійснюється наступним чином.

45 Спосіб ґрунтується на тому, що в результаті структуризації критеріального рівняння теплообміну та представлення його у вигляді комплексів, можна відокремити спеціалізований комплекс фізичних властивостей КФВ

$$\alpha = C \cdot KFB \cdot g^{n_1} \cdot w^{n_2} \cdot l^{n_3} \cdot \bar{\Delta t}^{n_4} \Pi, (2)$$

де $\bar{\Delta t} = |(t_c - \bar{t})|$, де t_c - температура стінки теплообмінної поверхні, °С, \bar{t} - визначальна характерна температура суміші: за умов вимушеної течії в трубі - температура рідини на вході в трубу, за умов вільного руху - температура рідини за межами граничного шару, °С; W - визначальна характерна швидкість суміші, м/с; l - визначальний розмір, м; g - прискорення вільного падіння, м/с; Π - поправка на напрям теплообміну; C - константа критеріального рівняння для конкретних умов теплообміну; n_1, n_2, n_3, n_4 - показники степеня. КФВ містить набір теплофізичних властивостей у степенях, які відповідають конкретним умовам теплообміну, а отже, конкретному критеріальному рівнянню.

Натурна суміш (Фіг. 3) - складна, трифазна, багатокomпонентна речовина органічного походження, теплофізичні і реологічні властивості якої не досліджені та змінюються в процесі технологічної обробки. Псевдосуцільне середовище суміші (Фіг. 3) містить газову фазу, натурна суміш здатна до розшарування за рахунок флоатації твердих частинок, коагуляції. Представлені складні суміші потрібно нагрівати, термостабілізувати, охолоджувати і в таких умовах по окреме визначення кожного із теплофізичних параметрів не дозволить отримати адекватний результат.

Експериментально визначивши коефіцієнт тепловіддачі, а в натурній суміші, знаходимо експериментальний еквівалент комплексу фізичних властивостей $EK\Phi B_6^{експ}$ (формула 1), який відображає вплив не тільки окремих теплофізичних параметрів, але їх сукупності на інтенсивність теплообміну, що дозволяє більш обґрунтовано визначати фізичні зв'язки в досліджуваному процесі. Отже, комплекс $EK\Phi B_6^{експ}$ (КФВ) характеризує рівень інтенсивності теплообміну в даній суміші. Визначивши розрахунком КФВ для рідин із дослідженими теплофізичними властивостями та знаючи $EK\Phi B_6^{експ}$ можна вибрати "модельну рідину" до натурної суміші в конкретних умовах, чим оцінити особливості реологічної поведінки суміші.

Структура реалізації способу (Фіг. 4) має ітераційну структуру, складається із таких модулів (Фіг. 4): I - експериментальний блок; II - блок отримання характеристики $EK\Phi B_6^{експ} = f(\bar{t}, w_{max})$; III - блок вибору "модельної рідини"; IV - логічна частина: блок прийняття рішень; V - результат; і полягає в наступному. Зі зразком натурної суміші проводяться дослідження інтенсивності теплообміну в умовах вільної конвекції, на установці (Фіг. 1) базового експериментального стенду та в умовах вимушеної конвекції на установці (Фіг. 2) в потрібному діапазоні характерних температур t і швидкостей руху w_{max} натурної суміші.

Проведення експерименту здійснюється таким чином. У робочу порожнину посудини 1 заливається гарячий теплоносій (вода, початкова температура змінювалась в межах 45...92 °С). У порожнину посудини 2 заливається холодний теплоносій (досліджувана натурна рідина, суміш). Після чого посудина 2 з холодним теплоносієм розміщується в посудині 1. Рівень рідин у робочих порожнинах однаковий. Установка закривається кришкою 4. Далі проводиться вимірювання температур у зовнішньому об'ємі V_1 та в об'ємі V_2 внутрішньої порожнини через визначений проміжок часу. Дослід закінчується, коли середній температурний напір дорівнює $\Delta t = 3...5$ °С. Тривалість проведення однієї серії вимірювань дорівнює $\tau = 15...25$ хвилин.

Вимірювання температур теплоносіїв здійснювалось в п'яти точках $1^1...5^1$ в об'ємі V_1 , та в п'яти точках $1^2...5^2$ в об'ємі V_2 , рівномірно розподілених вздовж теплообмінної поверхні (Фіг. 1) датчиками температури з аналогово-цифровими перетворювачами. Фіксування температур відбувається одночасно в десяти точках і результат вимірювань передається на комп'ютер.

Проведення серії досліджень за умов вимушеної конвекції здійснюється таким чином. Після розміщення посудини 2 (Фіг. 2) з холодним теплоносієм в посудині 1 з гарячим теплоносієм, встановлюється та приводиться в дію перемішувальний пристрій 5. В межах серії дослідів кількість обертів мішалки стала. Вимірюються температури в п'яти точках $1^1...5^1$ в об'ємі V_1 , та в п'яти точках $1^2...5^2$ в об'ємі V_2 через визначений проміжок часу. Дослід закінчується з досягненням середнього температурного напору $\Delta t = 1,5...5,3$ °С. Тривалість проведення одного експерименту за умов вимушеної конвекції знаходиться в межах $\tau = 10...40$ хвилин.

Базовий експеримент з однією і тією ж сумішшю проводиться декілька разів в такій послідовності: за умов вільної конвекції, структура суміші не зруйнована; за умов вимушеної конвекції для різних швидкостей руху; за умов вільної конвекції, структура суміші попередньо зруйнована. Базовий експеримент проводиться в умовах реальних біо- і хіміко-технологічних процесів, які відбуваються і натурних теплообмінних установках, наприклад: в умовах процесів зброджування та ферментації на різних стадіях, під час реакції переетерифікації тощо.

Аналізується швидкість зміни температури в суміші за залежністю $dt/d\tau = f(\tau)$ та вибирається метод обробки експериментальних даних. В результаті отримуються графічні залежності експериментального коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{експ}^6 = f(\bar{t}, w_{max})$.

На основі експериментальної залежності $\alpha_{експ}^6 = f(\bar{t}, w_{max})$ проводиться попереднє гіпотетичне оцінювання належності натурної суміші до відповідного класу рідин: ньютонівська, неньютонівська реостабільна, неньютонівська реонестабільна.

Визначається базовий еквівалент комплексу фізичних властивостей для реальної речовини ЕКФВ_б^{експ} шляхом послідовних наближень за $\alpha_{експ}^б = f(\bar{t}, w_{max})$

$$ЕКФВ_{б}^{експ} = \frac{\alpha_{експ}^б}{C_б \cdot \Pi_б \cdot (Pr_p / Pr_{ст})_б^{0,25}},$$

де $\Pi_б$ - множник, який враховує визначальний геометричний параметр базової експериментальної установки та температурний напір: вільна конвекція $\Pi_б = (g \cdot \Delta \bar{t})^{0,25} \cdot H^{-0,25}$, вимушена конвекція $\Pi_б = w^{0,589} \cdot (g \cdot \Delta \bar{t}_б)^{0,1} \cdot \frac{H_б^{0,3}}{2\delta^{0,41}}$; $C_б$ - константа базового критеріального рівняння ($C_б = 0,0549$ для базового експерименту за умов вимушеної конвекції; $C_б = 1,3$ - за умов вільної конвекції). Поправка на напрям теплообміну $(Pr_p / Pr_{ст})_б^{0,25}$ визначається шляхом послідовних наближень із застосування теплофізичних властивостей "частково-модельних рідин".
 10 Методи визначення $(Pr_p / Pr_{ст})_б^{0,25}$ для сумішей різного класу наведено в таблиці.

Таким чином за результатами базового експерименту маємо характеристику рідини: вільна конвекція, ламінарна течія, в'язкісно-гравітаційний режим руху суміші - $ЕКФВ_{б}^{експ} = f(\bar{t})$; (3)

вимушена конвекція, ламінарний рух суміші - $ЕКФВ_{б}^{експ} = f(\bar{t}, w_{max})$. (4)

15 За методами, наведеними в Табл. 1 вибираються "модельні рідини" до натурної суміші в умовах вільної, вимушеної конвекції, для кожної характерної швидкості.

Проводиться аналіз експериментальних залежностей (3, 4), вибраних "модельних рідин" та характерних залежностей $ЕКФВ_{б}^{експ} = f(\bar{t}, w_{max})$ для різного класу рідин, на основі якого оцінюють належність суміші до ньютонівських чи неньютонівських, реостабільних чи реонестабільних середовищ в конкретних теплогідродинамічних умовах, а також:

- 20 визначають наявність та стан структури суміші;
- виявляють зміни реологічних властивостей в суміші в залежності від теплогідродинамічної ситуації в ній та в процесі хімічних і біохімічних перетворень.

Таблиця

Способи врахування поправки на напрям теплообміну та способи вибору "модельних рідин"

Рідина, суміш		Ньютонівські, близькі до ньютонівських, неньютонівські реостабільні	Неньютонівські реонестабільні
Врахування поправки на напрям теплообміну			
Умови базового експерименту	Вимушена конвекція	$\supset ЕКФВ_{б}^{експ} \in \supset [ЕКФВ_{б}^{розр}]_{ч-м}$ в діапазоні температур суміші та стінки $t_p \dots t_{ст}$ за наявності розрахункової залежності $Pr_{ч-м} = f(\{ЕКФВ_{б}^{розр}\}_{ч-м})$	$\frac{\partial [ЕКФВ_{б}^{розр}]_{ч-м}}{\partial t} - \frac{\partial [ЕКФВ_{б}^{експ}]_c}{\partial t} \rightarrow \min$ за наявності розрахункової залежності для модельних рідин від температури t і концентрації b $[ЕКФВ_{б}^{розр}]_{ч-м} = f(b, t)$
	Вільна конвекція		
Вибір "модельної рідини"			
Рідина, суміш		Ньютонівські, близькі до ньютонівських, неньютонівські реостабільні Прийнято, що теплофізичні властивості "модельної рідини" повною мірою еквівалентні натурній суміші, (рідині, розчину)	Неньютонівські реонестабільні Прийнято, що теплофізичні властивості "модельної рідини" для реонестабільних рідин, еквівалентні натурній рідині тільки за певних теплогідродинамічних умов

Умови базового експерименту	Вимушена конвекція	$\frac{\partial [K\Phi B_6^{розр}]_M}{\partial t} - \frac{\partial [EK\Phi B_6^{експ}]_c}{\partial t} \rightarrow \min$ $[EK\Phi B_6^{експ}]_c - [K\Phi B_6^{розр}]_M \rightarrow \min$ $\bar{t} = t_M$	$: [EK\Phi B_6^{експ}]_c - [EK\Phi B_6^{розр}]_M \rightarrow \min$ $\bar{t} = t_M,$ де $[EK\Phi B_6^{експ}]_c$ - визначальний комплекс натурної суміші, структура якої знаходиться у певному стані (ступені зруйнованості)
	Вільна конвекція	$\frac{\partial [K\Phi B_6^{розр}]_M}{\partial t} - \frac{\partial [EK\Phi B_6^{експ}]_c}{\partial t} \rightarrow \min$ $[EK\Phi B_6^{експ}]_c - [K\Phi B_6^{розр}]_M \rightarrow \min$ $\bar{t} = t_M$	$\frac{\partial [K\Phi B_6^{розр}]_M}{\partial t} - \frac{\partial [EK\Phi B_6^{експ}]_c}{\partial t} \rightarrow \min$ $[EK\Phi B_6^{експ}]_c - [K\Phi B_6^{розр}]_M \rightarrow \min$ $\bar{t} = t_M$

Крім того, даний спосіб дозволяє визначити метод та можливості інтенсифікації процесів теплообміну в натурній суміші:

5 завдяки багатоваріантному базовому експерименту проводиться тестування можливостей руйнування структури даної натурної суміші - чи піддається руйнуванню, чи є можливість переходу неньютонівської суміші в ньютонівську і за яких температур та швидкостей, наскільки можна інтенсифікувати теплообмін за рахунок цього.

10 На Фіг. 5 наведено приклад характерних залежностей: криві 9, 9', 9" показують, що суміш (рідина) у всьому діапазоні зміни параметрів досліджень поводить себе як ньютонівська рідина; криві 10 і 11 - це криві явно реонестабільної суміші, але присутні ділянки, які характерні за поведінкою ньютонівської рідини.

Маючи остаточні висновки про властивості рідини, виконується перевірка гіпотези належності натурної суміші до відповідного класу рідин (класифікація сумішей показано на Фіг. 4, блок V). Якщо виникає необхідність, виконується коригування.

15 В процесі перебігу біо- і хіміко-технологічних перетворень в натурній суміші (Фіг. 3, 5, 6) кожний із теплофізичних параметрів змінюються в різних співвідношеннях $c + \Delta c$; $\rho + \Delta \rho$; $\lambda + \Delta \lambda$; $\mu + \Delta \mu$, (5)

що відбивається на закономірностях залежності $\alpha_{експ}^6 = f(\bar{t}, w_{max})$ але експериментально встановлено, що на зміну абсолютного значення комплексу $EK\Phi B_6^{експ}$ за сталої характерної 20 температури суміші \bar{t} впливає $\lambda + \Delta \lambda$, а на зміну закономірності $EK\Phi B_6^{експ} = f(\bar{t}, w_{max})$ вирішальним є $\rho + \Delta \rho$ та $\mu + \Delta \mu$.

Приклад застосування даного способу наведений на Фіг. 6. Дослідження проводились з тиксотропними сумішами - рідким гноєм великої рогатої худоби і свиней. Тривалість проведення експерименту дорівнює $\tau = 35 - 40$ хвилин.

25 Графік залежності $EK\Phi B_6^{експ} = f(w_{max})$, $w_{max} = f(n)$, тиксотропної речовини за сталої температури (Фіг. 6) має характерну форму, яка вказує на зміну реологічного стану тиксотропної речовини з ознаками зменшення ефективної в'язкості. Крім того, залежності на Фіг. 6 показують, що температура також впливає на стан реологічної структури тиксотропної суміші. Це пояснюється тим, що із всіх теплофізичних властивостей, які входять в експериментальний 30 комплекс $EK\Phi B_6^{експ}$, густина і в'язкість значно залежать від температури і реологічної передісторії суміші.

Визначити перехід тиксотропної натурної суміші до стану ньютонівської рідини можна дослідивши характеристику $EK\Phi B_6^{експ} = f(n)$ тиксотропної речовини для різних температур (Фіг. 6): для гною свиней в стані бродіння вологістю 94 %, та ВРХ вологістю 92 % для значень 35 w_{max} від 0,18 м/с і вище відбувається руйнування структури і суміш набуває ньютонівських властивостей, тобто є можливість інтенсифікації теплообміну.

Експериментальна залежність $EKFV_6^{експ} = f(n)$ для ньютонівських рідин та близьких до ньютонівських наближається до лінійної (Фіг. 7), що видно на прикладі сироватки свіжої і в стадії бродіння, гліцерину безводного, цукрового розчину, концентрація 50 %.

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб визначення реостабільності сумішей з невизначеними теплофізичними властивостями в реальних теплогідродинамічних, біо- і хіміко-технологічних процесах, що включає аналіз експериментально отриманих залежностей, який **відрізняється** тим, що зі зразком натурної суміші проводять дослідження інтенсивності теплообміну за умов вільної конвекції, у зовнішню металеву посудину експериментального стенда заливають гарячий теплоносій - воду, у внутрішню металеву посудину експериментального стенда заливають досліджувану натурну суміш, внутрішню металеву посудину з натурною сумішшю розміщують у зовнішній металевій посудині, установку закривають кришкою, проводять фіксування зміни температур у об'ємах обох посудин в п'яти точках рівномірно розподілених вздовж теплообмінної поверхні через фіксований проміжок часу, вимірювання припиняють, коли температурний напір між гарячим теплоносієм і натурною сумішшю дорівнює $\overline{\Delta t} = 3...5^\circ C$, проводять дослідження інтенсивності теплообміну за умов вимушеної конвекції, у зовнішню металеву посудину експериментального стенда заливають гарячий теплоносій - воду, у внутрішню металеву посудину експериментального стенда заливають досліджувану натурну суміш, внутрішню металеву посудину з натурною сумішшю розміщують у зовнішній металевій посудині, у внутрішню металеву посудину встановлюють та приводять в дію пропелерну мішалку, установку закривають кришкою, проводять фіксування зміни температур у об'ємах обох посудин в п'яти точках рівномірно розподілених вздовж теплообмінної поверхні через фіксований проміжок часу, вимірювання припиняють, коли температурний напір між гарячим теплоносієм і натурною сумішшю дорівнює $\overline{\Delta t} = 1,5...3^\circ C$, експерименти з однією і тією ж натурною сумішшю проводять декілька разів в такій послідовності за умови вільної конвекції, за умови вимушеної конвекції для різних швидкостей руху, інтенсивно перемішують натурну суміш і руйнують її структуру та проводять експеримент за умови вільної конвекції, будують залежність швидкості зміни температури в суміші $dt/d\tau = f(\tau)$, вибирають метод обробки експериментальних даних, будують графічні залежності зміни експериментального коефіцієнта тепловіддачі від циліндричної теплообмінної поверхні до натурної суміші зі зміною осередненої по об'єму і в часі температури та від лінійної швидкості крайньої точки пропелерної мішалки $\alpha_{експ}^6 = f(\bar{t}, w_{max})$, на основі чого проводять попереднє оцінювання належності натурної суміші до відповідного класу рідин: ньютонівська, неньютонівська, за графічною залежністю $\alpha_{експ}^6 = f(\bar{t}, w_{max})$ визначається еквівалент комплексу фізичних властивостей для натурної суміші $EKFV_6^{експ}$ шляхом послідовних наближень

$$EKFV_6^{експ} = \frac{\alpha_{експ}^6}{C_6 \cdot P_6 \cdot (Pr_p / Pr_{ст})_6^{0,25}},$$

де P_6 - множник, який визначають для вільної конвекції за залежністю $P_6 = (g \cdot \overline{\Delta t})^{0,25} \cdot H^{-0,25}$ для

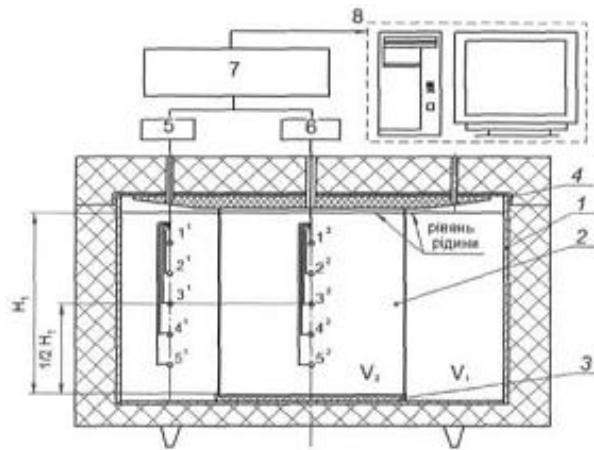
40 вимушеної - $P_6 = w^{0,589} \cdot (g \cdot \overline{\Delta t})^{0,1} \cdot \frac{H_6^{0,3}}{2\delta^{0,41}}$; C_6 - константа критеріального рівняння, $C_6 = 1,3$ - для

умов вільної конвекції, вимушеної - $C_6 = 0,0549$, визначають поправку на напрям теплообміну $(Pr_p / Pr_{ст})_6^{0,25}$ шляхом послідовних наближень із застосуванням теплофізичних властивостей

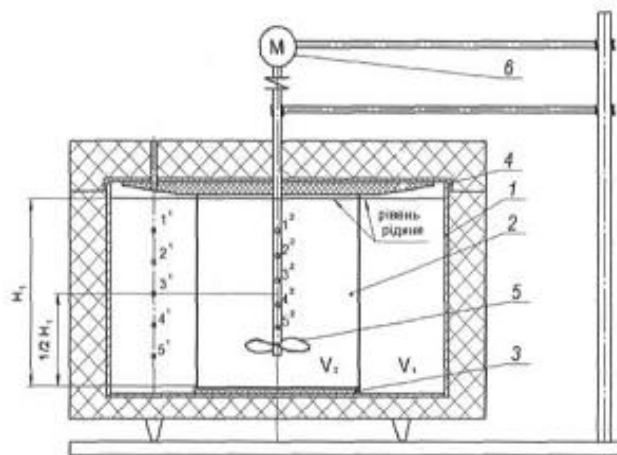
"частково-модельних рідин", будують експериментальні залежності еквівалента комплексу фізичних властивостей натурної суміші від осередненої по об'єму і в часі температури $EKFV_6^{експ} = f(\bar{t})$ в умовах вільної конвекції та від лінійної швидкості крайньої точки пропелерної

45 мішалки $EKFV_6^{експ} = f(\bar{t}, w_{max})$ в умовах вимушеної конвекції, вибирають "модельні рідини" до натурної суміші в умовах вільної вимушеної конвекції, проводять аналіз експериментальних залежностей, вибраних "модельних рідин", на основі якого оцінюють належність натурної суміші до ньютонівських чи неньютонівських, визначають наявність та стан структури суміші, виявляють ознаки зміни реологічної структури в натурній суміші.

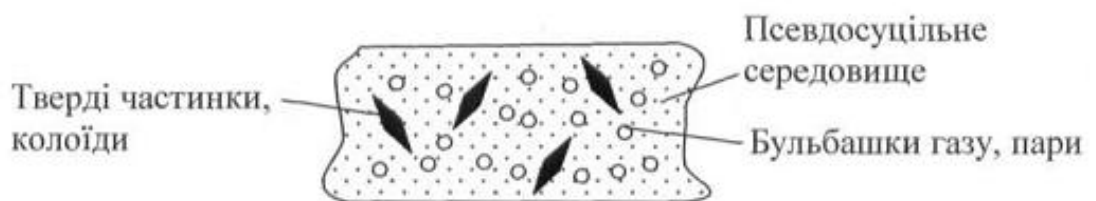
50



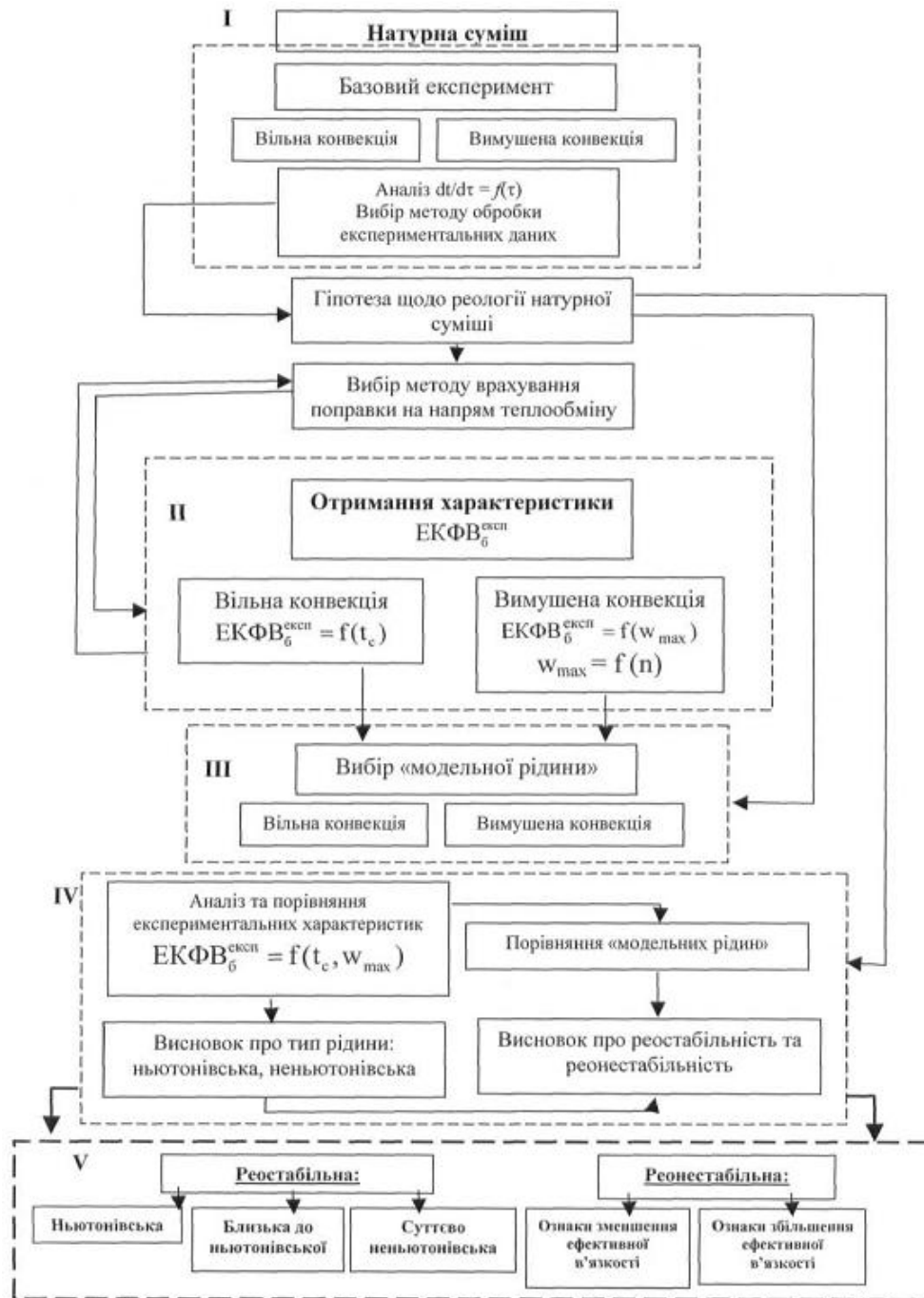
Фиг. 1



Фиг. 2

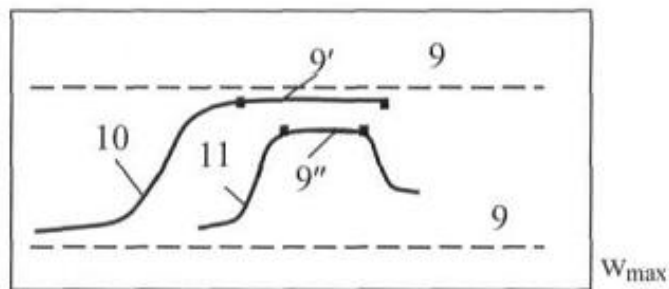


Фиг. 3

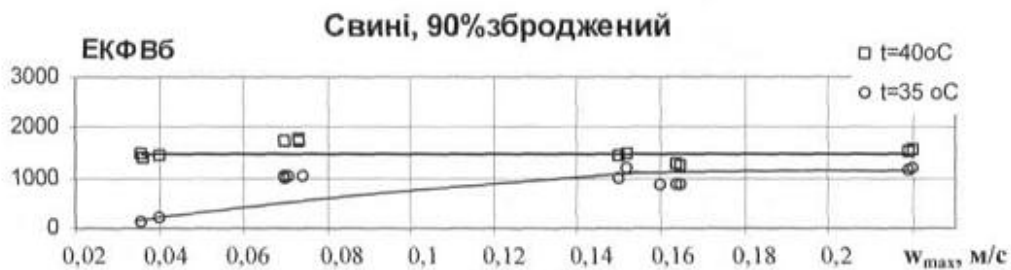


Фіг. 4

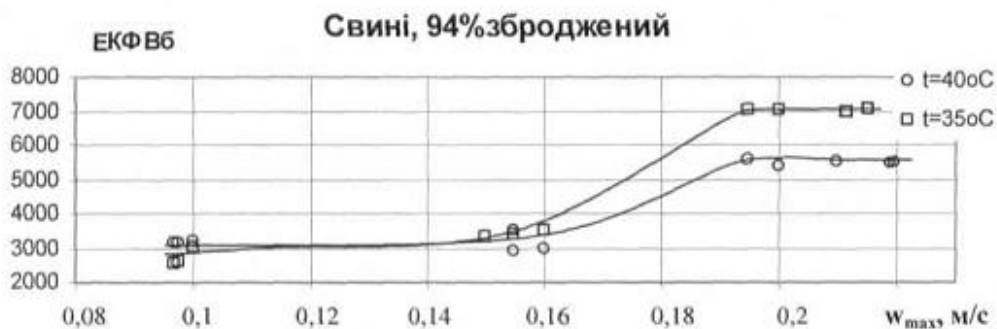
$EKF\Phi_6^{експ}$



Фіг. 5



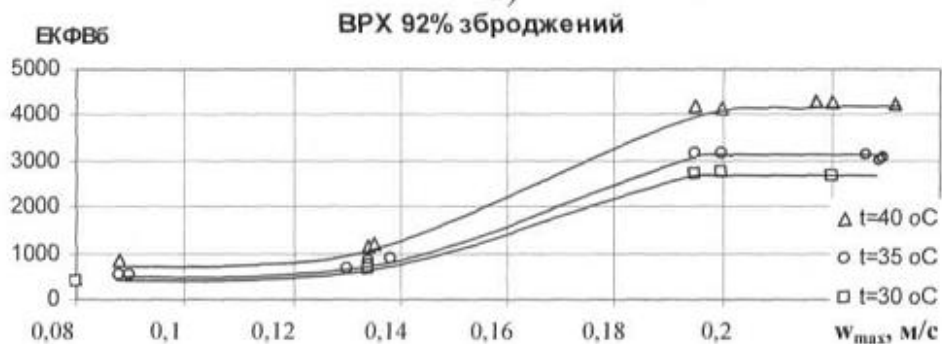
а)



б)



в)



г)

Фіг. 6

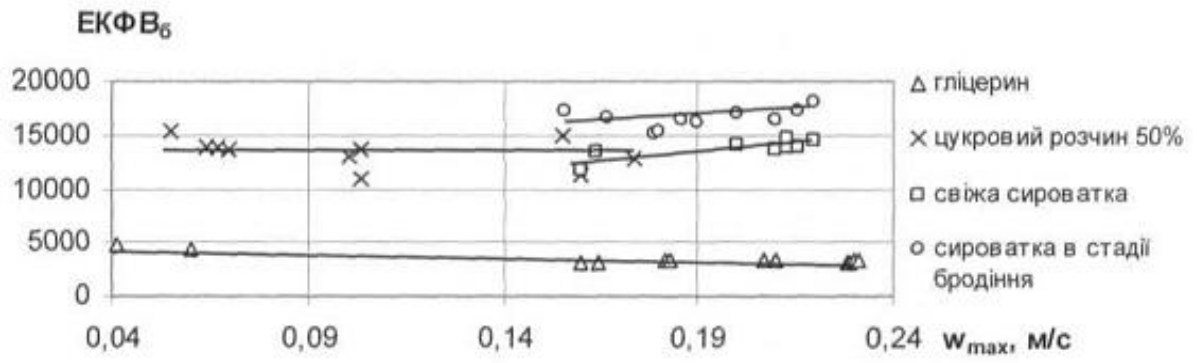


Fig. 7

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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