

Є.М. Варламов¹, В.Г. Котух², К.М. Палєєва²

¹Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ДОПОМІЖНОГО МАТЕРІАЛУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБІВ ТРАНСПОРТНИХ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ

Проаналізовано теоретичні основи й методи створення допоміжних матеріалів технологічного призначення, які використовуються в практиці виготовлення (ремонт) виробів транспортних трубопроводних систем, у тому числі з урахуванням вимог забезпечення екологічної безпеки. Запропонована квадратна матриця перетину для кількісного відображення технологічної однорідності будь-яких двох складових інгредієнтів матеріалу за коефіцієнтом їх впливу. Показано, що рівень результативної однорідності, яка зумовлює якість допоміжного матеріалу, залежить від показників, рівноспрямовано діючих на його результативну однорідність.

Ключові слова: допоміжний матеріал, транспортні трубопроводні системи, похибка, якість, надійність, екологічна безпека, виготовлення, ремонт.

Постановка задачі

Існуюча велика гама допоміжних матеріалів, що використовуються з технологічною метою під час виготовлення й ремонту виробів транспортних трубопроводних систем, не має наукового визначення навіть в нормативно-технічній документації. Основу допоміжних матеріалів складають, зазвичай, хімічно-активні, поверхнево-активні, вогне- й вибухонебезпечні речовини органічного й неорганічного походження [1, 2].

У теперішній час ситуація, яка склалася навколо використання допоміжних матеріалів, не може позитивно відбиватися на надійності й довговічності нових й експлуатованих виробів транспортних трубопроводних систем, технології їх виготовлення й ремонту, а також на формуванні ступеня їх небезпечності для на оточуючого середовища [3, 4].

Під час розробки допоміжного матеріалу головним нормативно-технічним документом є рецептура цього матеріалу, яка є багатофазною, багатокомпонентною, ієрархічною структурою зі складними взаємозв'язками інгредієнтів. Пошук вихідних співвідношень цих інгредієнтів – це встановлення довірчих границь, в межах яких данні будуть реальними. Цей напрямок складає сутність керованого методу проектування складу допоміжного матеріалу, у якому головне місце відводиться теоретичним дослідженням рецептури допоміжного матеріалу технологічного призначення для виробів транспортних трубопроводних систем, у тому числі з урахуванням вимог забезпечення екологічною безпеки [6].

Аналіз існуючих підходів до оцінки якості допоміжних матеріалів технологічного призначення

Теоретичні дослідження допоміжних матеріалів технологічного призначення, які використовуються в практиці спеціалізованих промислових підприємств, які займаються виготовленням (ремонт) виробів транспортних трубопроводних систем реалізуються на прикладі спрощеної технологічної схеми. Згідно цієї схеми дії кожного джерела відхилень (похибок у складі допоміжного матеріалу) оцінюються окремо, а інші джерела – «вмикнені», тобто реалізується принцип суперпозиції [6, 7].

Представимо, процес виробництва допоміжного матеріалу технологічного призначення, яких характеризується показниками X_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$). Вочевидь, для ідеального випадку можна допоміжний матеріал технологічного призначення у загальному вигляді описати співвідношенням:

$$\left. \begin{aligned} X_{10} &= f_{10}(a_1, a_2, \dots, a_n, t) X_{\text{вх}1} \\ X_{20} &= f_{20}(a_1, a_2, \dots, a_n, t) X_{\text{вх}2} \\ \dots & \dots \\ X_{i0} &= f_{i0}(a_1, a_2, \dots, a_n, t) X_{\text{вх}i} \\ \dots & \dots \\ X_{n0} &= f_{n0}(a_1, a_2, \dots, a_n, t) X_{\text{вх}n} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – показники ідеальних інгредієнтів допоміжного матеріалу;
 t – час;

$X_{вх1}, X_{вх2}, X_{вхi}, X_{вхn}$ – коефіцієнт, який характеризує властивість вхідного інгредієнту, наприклад олейнової кислоти (рис. 1).

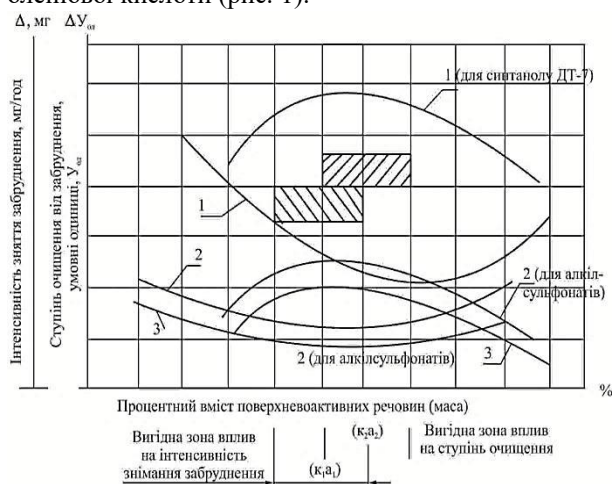


Рис. 1. Чисельні значення коефіцієнтів впливу поверхнево-активних речовин, визначених графічним методом за результатами експериментальних досліджень

У реальних же умовах виробничої практики спеціалізованих підприємств виникають похибки, які викликаються:

- відхиленнями від розрахункового (теоретичного) складу, які є наслідком обмежених можливостей даного підприємства;
- відсутністю науково-обґрунтованих даних, на підставі яких можна було б підібрати ефективний склад, а також іншими причинами (рис. 1); у підсумку дії цих причин і утворюються відхилення від необхідного складу допоміжного матеріалу;
- відхиленнями фізико-механічних властивостей вихідних матеріалів;
- відключеннями у параметрах (режимах) процесу від розрахункових значень, зафіксованих в розрахунковій схемі.

Рівняння для реальних умов буде мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= f_1(a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n, t)(X_{вх1} + \Delta X_{вх1}) \\ X_2 &= f_2(a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n, t)(X_{вх2} + \Delta X_{вх2}) \\ &\dots\dots\dots \\ X_i &= f_i(a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n, t)(X_{вхi} + \Delta X_{вхi}) \\ &\dots\dots\dots \\ X_n &= f_n(a_1 + \Delta a_1, a_2 + \Delta a_2, \dots, a_n + \Delta a_n, t)(X_{вхn} + \Delta X_{вхn}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де $\Delta a_1, \Delta a_2, \Delta a_n$ – похибки в показниках інгредієнтів;

$\Delta X_{вх1}, \Delta X_{вх2}, \Delta X_{вхi}, \Delta X_{вхn}$ – відхилення від розрахункових значень показників інгредієнтів.

Обчислимо відхилення i -го показника від розрахункового значення. Тоді отримаємо:

$$\Delta X_i = X_{вхi}(f_1 - f_{i0}) + \Delta X_{вхi} f_{i0} + X_{вхi} \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial f_1}{\partial a_{j0}} \right) \Delta a_j \quad (3)$$

У першій частині рівняння похибки показника (3) має доданок, який наочно представляє усі перелічені вище помилки. Наприклад, доданок $X_{вхi}(f_1 - f_{i0})$ є складовою методичної помилки ΔX_M , викликаною оцінкою показника X_i . Dodanok $\Delta X_{вхi} f_i$ є складовою помилки входу ΔX_B для даного i -го показника. У підсумку, доданок $X_{вхi} \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial f_1}{\partial a_{j0}} \right) \Delta a_j$, i представляє з себе помилку, викликаною похибками реалізації технологічного процесу, складає сумарну робочу помилку ΔX_P . Усі перелічені помилки наочно можна подати у векторному n -мірному просторі [7, 8].

Викладання основного матеріалу

У загальному вигляді систему рівнянь похибок стану якості допоміжного матеріалу технологічного призначення можна подати у вигляді системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \Delta X_{1M}, \Delta X_{1B}, \dots, \Delta X_{1P} \\ X_2 &= \Delta X_{2M}, \Delta X_{2B}, \dots, \Delta X_{2P} \\ &\dots\dots\dots \\ X_i &= \Delta X_{iM}, \Delta X_{iB}, \dots, \Delta X_{iP} \\ &\dots\dots\dots \\ X_n &= \Delta X_{nM}, \Delta X_{nB}, \dots, \Delta X_{nP} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Справді, розглядаючи рівняння похибки i -го показника допоміжного матеріалу, усі наступні міркування можна віднести до цього показника. Очевидно, що усі висновки відносно рівняння похибки i -го показника можуть бути застосовані й для будь-якого іншого показника [6].

Нехай поставлено задачу: визначити складову методичної помилки ΔX_{iM} за оцінки показника X_i допоміжного матеріалу, формула складової буде мати вигляд:

$$\Delta X_{iM} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial X_i}{\partial X_j} \right)_0 \Delta a_j \quad (5)$$

де нуль у скобках означає, що коефіцієнти впливу $\left(\frac{\partial X_i}{\partial X_j} \right)_0$ визначаються за $\Delta a_j = 0$, тобто для ідеального випадку.

За певних умов похибка в даному параметрі виникає в результаті:

- похибок в номенклатурі інгредієнтів допоміжного матеріалу;
- похибок в масовій долі інгредієнтів;
- похибок в характеристиках інгредієнтів, які входять до складу допоміжного матеріалу тощо.

Вказані вище похибки у свою чергу можуть виникати також за причин:

- розкиду параметрів номенклатурного складу, які утворюють блок (групу) інгредієнтів допоміжного матеріалу;
- неточності у визначенні масової долі складових допоміжного матеріалу або їх групи;
- розкиду характеристик інгредієнтів, які вводяться до складу допоміжного матеріалу;
- неточності в компонованні структури допоміжного матеріалу, тобто під час проектування його рецептури;
- суб’єктивних мотивів проектувальника рецептури, викликаних індивідуальними відмінностями виконавців;
- додаткових похибок, які вносяться до складу допоміжного матеріалу під час проектування його рецептури, тобто через паразитичні параметри хімічних інгредієнтів.

Викладемо математичну формалізацію задачі побудови оптимального впорядкованого ряду за агрегативного методу проектування допоміжного матеріалу, застосовуваного в технологічних цілях під час виробництва та ремонту виробів транспортних трубопровідних систем, стосовно (рис. 2) до використання її результатів для визначення оптимальної або вигідної його рецептури.

Є кінцева множина поверхнево-активних речовин (a), неорганічних речовин (H), комплексних добавок (M), тобто складових інгредієнтів (a, H, M), які дорівнюють, наприклад, $M = 1, 2, 3, \dots, n$), які використовуються для виготовлення допоміжного матеріалу технологічного призначення й розподіленого між проєктованими предметно-замкненими складами (рецептурами) [1, 4]. Будь-який інгредієнт ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) є елементом множини (a, H, M) й може відноситися до будь-якого агрегату впорядкованого ряду. Шуканий оптимально-впорядкований ряд в формі рецептури допоміжного матеріалу складається з кінцевої множини a ($a = 1, 2, 3, \dots, n$) агрегатів складових інгредієнтів, яка належить множині a , тобто агрегату p ($p = 1, 2, 3, \dots, n$), розглядається як елемент множини i може складатися з будь-якої кількості складових інгредієнтів. Шуканий впорядкований ряд (агрегат) оптимізується за прийнятою кінцевою множиною H технологічних ознак ($H = \{1, 2, 3, \dots, n\}$). Кожна ознака K ($K = \{1, 2, 3, \dots, n\}$) є елементом множини H , може належати або не належати будь-якому складовому інгредієнту (рис. 3) [4, 5].

Для кількісного відображення технологічної однорядності будь-яких двох складових інгредієнтів за коефіцієнтами їх впливу, виходячи з технічних, санітарно-гігієнічних та інших показників (ознак) використовується поняття «перетину» [1, 9].

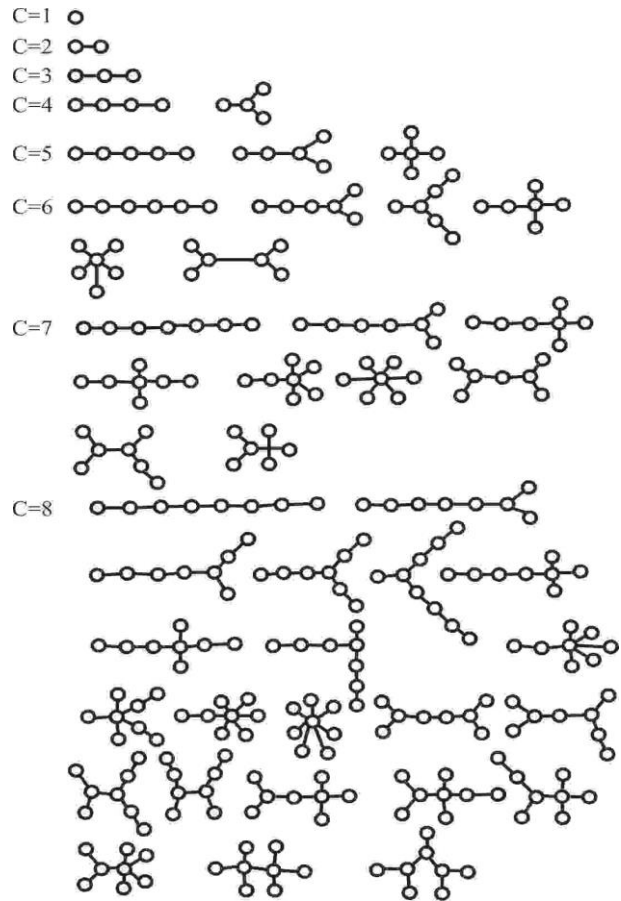


Рис. 2. Неповторювані структурні різновиди інгредієнтів допоміжних матеріалів за $C \leq 8$, де C – число інгредієнтів

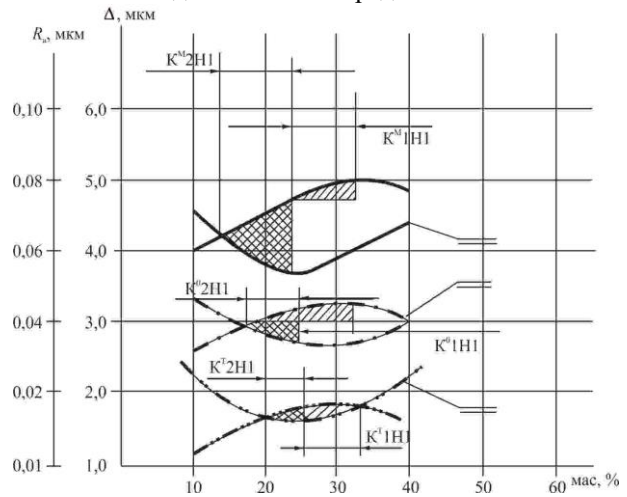


Рис. 3. Коефіцієнти впливу олеїнової кислоти на якість складу абразивно-доводочної суміші під час притирання елементів запірної арматури

Величини перетинів між i -ю та j -ю складовими ($i = j$) за одним K -м показником визначається наступним чином: $L_{ij}^K = 1$, якщо K -й показник належить тільки одній або відсутній в обох складових. Загальна величина перетинів i -м та j -ми складовими за усіма технічними, економічними, санітарно-гігієнічними та іншими показниками ($X_{i,j}$) з ураху-

ванням коефіцієнту впливу K_b :

$$X_{i,j} = \sum_{k=1}^n L_{i,j}^k K_b \quad (6)$$

Оцінка відображає ступінь впливу кожного показника на результат задачі формування рецептури допоміжного матеріалу на базі результатів ряду, а всілякі перетини між парами складових утворюють симетричну квадратну матрицю перетинів розмірності $m \times m$ [4, 10]. Викладемо порядок здійснення розрахунків під час визначення величини перетину між складовими інгредієнтами за їх показниками. Для цього використовуємо чисельні значення коефіцієнтів впливу складових інгредієнтів допоміжного матеріалу. Нехай є сім інгредієнтів, які необхідно систематизувати за певними показниками (ознаками) у вигляді оптимально-впорядкованого ряду (табл. 1) [3, 1].

Таблиця 1

Склад показників (ознак) інгредієнтів

Шифр інгредієнтів	Порядковий номер показників (ознак) K_b													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1							1	1			
2		1					1	1	1					
3				1	1	1						1	1	
4				1	1	1							1	
5	1	1	1							1	1			
6		1					1	1	1			1		
7		1		1			1	1	1			1		

Обмежуючись довірчими границями, в межах яких інгредієнт вважається раціональним, сформулюємо квадратну матрицю перетинів.

Представимо, що для першої та п'ятої складової інгредієнтів загальними ознаками є (табл. 2) інтенсивність (1) та ступінь покращення якості (2) обробки, антикорозійність (3) обробленої поверхні, стан обробленої поверхні (10), зовнішній вигляд обробленої поверхні (11) виробів транспортних трубопровідних систем.

Таблиця 2

Квадратна матриця

	j						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	1	0	0	5	1	1
2	1	0	0	0	1	4	4
3	0	0	0	4	0	1	2
4	0	0	4	0	0	0	1
5	5	1	0	0	0	1	1
6	1	4	1	0	1	0	5
7	1	4	2	1	1	5	0

Для спрощення прикладу значення масової долі, яке відповідає кожному з перелічених показни-

ків, приймемо таким, що дорівнює одиниці $K_{b1} = K_{b2} = K_{b3} = K_{b10} = K_{b11} = 1$. Тоді загальна величина перетинів між першою і п'ятою складовою інгредієнтів за цими ознаками буде дорівнюватися п'яти:

$$X_{1,5} = A_{1,5}^1 \cdot K_{b1} + A_{1,5}^2 \cdot K_{b2} + A_{1,5}^3 \cdot K_{b3} + A_{1,5}^{10} \cdot K_{b10} + A_{1,5}^{11} \cdot K_{b11} = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 5. \quad (7)$$

Це число розноситься у два елементи матриці перетинів ($X_{1,5} = X_{5,1} = 5$). Матриці перетинів кількісно відбиває однорідність складових за показниками. Перетин між складовими всередині групи p за усіма технічними показниками визначається за формулою [2, 4]:

$$X_p = \sum_{\substack{i,j \in p \\ i < j}} X_{i,j} \left(X_p \leq \sum_{i,j \in p} X_{ij} \right); \quad (8)$$

$$X = 0, \text{ якщо } p = 0 \text{ або } p = \{i\}.$$

Очевидно, крім внутрішнього перетину між складовими групи p зі всіма іншими складовими, які не увійшли в дану групу, за тими чи іншими показниками утворює «зовнішній» перетин. Якщо відносно даної групи p усі не включені в неї складові умовно складають групу $P = M/p$, кількість цих перетинів складовими групи P і p складає [2]:

$$\overline{X}_p = \sum_{\substack{i \in p \\ j \in P}} X_{ij} - \sum_{i,j \in p} X_{ij} \quad (\overline{X}_p = 0, \text{ якщо } p = M). \quad (9)$$

Внутрішню однорідність інгредієнтів допоміжного матеріалу-ряду можна характеризувати показником ω . Показник є середньозваженим числом окремих інгредієнтів з урахуванням коефіцієнтів їх впливу і визначається за формулою [2, 3]:

$$\omega = \sum_{p=1}^n X_p / \sum_{p=1}^n C_{P_p}^2 \quad (C_{P_p}^2 = 1, \text{ якщо } P_p = 1), \quad (10)$$

де P_p – число складових, які входять в групу P і утворюють номенклатурний склад рецептури технологічного матеріалу;

$$C_{P_p}^2 \text{ – число сполучень по два з } p_p \text{ складових,}$$

ця величина є вагою групи, визначається коефіцієнтами впливу складових.

Отже, зовнішню однорідність інгредієнтів групи p можна охарактеризувати показником X . Показник X є середньозваженим числом показників (з урахуванням їх коефіцієнтів впливу) загальний у будь-яких двох складових інгредієнтів з різних груп ряду й визначаються за формулою [1, 2]:

$$X = \sum_{p=1}^n X_p / \sum_{p=1}^n p_p \overline{p}_p \quad (\overline{p}_p = 1, \text{ якщо } P_p = m), \quad (11)$$

де \overline{p}_p – число складових інгредієнтів, що входять до групи p ; вагою групи є величина (коефіцієнтів) впливу інгредієнту.

Внутрішню й зовнішню однорідність інгредіє-

нтів груп ряду неможна розглядати ізольовано одна від одної, так як буде відсутня комплексна оцінка якості проєктованого допоміжного матеріалу [3].

Будь-який варіант впорядкованого ряду рецептури R допоміжного матеріалу, побудованої з урахуванням коефіцієнтів впливу інгредієнтів, одночасно характеризується як внутрішньою, так і зовнішньою однорідністю складових його груп. Рівень результативної однорідності R – його варіанту впорядкованого ряду з усіх можливих, який забезпечить максимальну різницю між $\omega(R)$ та $X(R)$, отже, цільовою функцією поставленої експериментальної задачі з відшукування впорядкованого ряду – рецептури технологічного матеріалу $R_m \in [3, 4]$:

$$\bar{f}(R_m) = \max[\omega(R) - X(R)]. \quad (12)$$

Таким чином, будь-якому варіанту рецептури допоміжного матеріалу технологічного призначення, який складається з груп складових з максимальним рівнем предметної замкненості, завжди відповідає певний варіант впорядкованого ряду інгредієнтів. При цьому цільова функція \bar{f} , побудована в результаті впорядкованого ряду інгредієнтів, є показником, який характеризує глибину технологічної спеціалізації предметно-замкнутих складів, що утворюють рецептуру допоміжного матеріалу (рис. 3). Чим більше значень цільової функції впорядкованого ряду інгредієнтів, тим більше глибина технологічної спеціалізації рецептурного допоміжного матеріалу технологічного призначення, у тому числі, формувальних сумішей змащувально-охолоджувальних рідин, технологічних мийно-очищувальних композицій, абразивно-доводочних сумішей тощо.

Висновки

1. На спеціалізованих підприємствах процес створення допоміжного матеріалу технологічного призначення характеризується певними показниками, причому кожному показнику відповідає певна властивість вихідного матеріалу.

2. У реальних умовах виробничої практики при створенні допоміжного матеріалу технологічного призначення виникають технологічні похибки, які викликають відхилення від розрахункового складу матеріалу, які є наслідком обмежених можливостей підприємства, а також відсутністю науково-обґрунтованих даних, на підставі яких можна було б підібрати ефективний склад матеріалу.

3. Для кількісного відбиття технологічної однорідності будь-яких двох складових інгредієнтів їх впливу, виходячи з технологічних, санітарно-гігієнічних, екологічної безпеки та інших показників використовується поняття «перетин».

4. Рівень результативної однорідності R допоміжного матеріалу, який визначає його якість, вихо-

дячи з технологічних, економічних, санітарно-гігієнічних, екологічної безпеки та інших показників залежить від двох груп показників $\omega(R)$ та $X(R)$, рівно спрямовано діючих на цю результативну однорідність.

5. Будь-якому варіанту рецептури допоміжного матеріалу технологічного призначення, який складається з декількох груп його складових з максимальним рівнем предметної замкненості, завжди відповідає визначений варіант впорядкованого ряду складових інгредієнтів.

6. Запропонований підхід до формування рецептури допоміжного матеріалу технологічного призначення може забезпечити застосування технологічних процесів під час виготовлення й ремонту виробів транспортних трубопровідних систем, які мають мінімальний вплив на навколишнє середовище, здоров'я людини та забезпечують екологічну безпеку виробництва.

Література

1. Kaptsov, I. *Mathematical Principles for Predicting Reliability Control Parameters of Pipe Armature for Transport Energy Systems [Текст]* / I. Kaptsov, V. Kotukh, N. Kaptsova, Y. Pakhomov, K. Paleyeva // *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. – 2019. – Vol. 8, Issue 2S11, – P. 2285-2288.
2. Варламов, С. М. *Технологічні аспекти оцінки надійності, якості й екологічної безпеки допоміжного матеріалу для виготовлення транспортних трубопровідних систем [Текст]* / С. М. Варламов, В. Г. Котух, К. М. Палєєва // *Комунальне господарство міст*. – Харків, – 2018. Вип. 156 (3). – С. 56-61.
3. Капцов, І. І. *Технологія ремонту газового обладнання і трубопровідних систем : монографія [Текст]* / І. І. Капцов, В. Г. Котух, Ю. В. Пахомов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 232 с.
4. Яцерицин, П. І. *Працездатність вузлів тертя машин [Текст]* / П. І. Яцерицин, Ю. В. Скоринін. – Мінськ : Наука і техніка, 1994. – 288 с.
5. Колегаєв, Р. Н. *Економічна оцінка якості і оптимізація системи ремонту машин [Текст]* / Р. Н. Колегаєв. – Москва : Машинобудування, 1980. – 239 с.
6. Аліфасов, О. В. *Технологічні процеси пластичної деформації в машинобудування [Текст]* / О. В. Аліфасов, Л. В. Захарович та ін. – Мінськ : Наука і техніка, 1990. – 208 с.
7. Дехтеринський, Л. В. *Деякі теоретичні питання технології ремонту машин [Текст]* / Л. В. Дехтеринський. – Москва : Вища школа, 1970. – 195 с.
8. Рижов, Є. В. *Технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей деталей машин [Текст]* / Є. В. Рижов, О. Г. Суслов, В. П. Федоров. – Москва : Машинобудування, 1979. – 176 с.
9. Ковалко, М. П. *Методи та засоби підвищення ефективності функціонування систем трубопровідного транспорту газу [Текст]* / М. П. Ковалко. – Київ : Українські енциклопедичні знання, 2001. – 287 с.
10. Капцов, І. І. *Скорочення втрат газу на магістральних газопроводах [Текст]* / І. І. Капцов. – Москва: Недра, 1988. – 160 с.

References

1. Kaptsov, I., Kotukh, V., Kaptsova, N., Pakhomov, Y., Paleyeva K. (2019). Mathematical Principles for Predicting Reliability Control Parameters of Pipe Armature for Transport Energy Systems. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(2S11), 2285-2288.
 2. Varlamov, Y., Kotukh, V., Paleeva, K. M., (2019). Technological aspects of assessment of reliability, quality and environmental safety of supplementary material for manufacture of transport pipelines. *Municipal utilities of cities*. 156(3), 56-61.
 3. Kaptsov, I. I. (2016). Technology of repair of gas equipment and pipeline systems: monograph. Kharkiv: KhNUMG them. O. M. Beketova. 232.
 4. Yashcheritsyn, P. I., Skorynin, Yu. V. (1994). Workability of friction units of machines. Minsk: Science and Technology. 288.
 5. Kolegaev, R. N. (1980). Economic quality assessment and optimization of machine repair system. Moscow: Mechanical Engineering. 239.
 6. Alifasov, O. V., Zakharovich, L. V. (1990). Technological processes of plastic deformation in mechanical engineering. Minsk: Science and Technology. 208.
 7. Dekhterinsky, L. V. (1970). Some theoretical issues of machine repair technology. Moscow: Higher school. 195.
 8. Ryzhov, E. V., Suslov, O. G., Fedorov, V. P. (1979). Technological support of operational properties of machine parts. Moscow: Mechanical Engineering. 176.
 9. Kovalko, M. P. (2001). Methods and means of increasing the efficiency of functioning of gas pipeline transport systems. Kyiv: Ukrainian encyclopedic knowledge. 287.
 10. Kaptsov, I. I. (1988). Reduction of gas losses on main gas pipelines. Moscow: Nedra. 160.
- Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна
- Автор:** ВАРЛАМОВ Євгеній Миколайович
к.т.н., с.н.с., завідуючий сектором засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»
E-mail – varlamov.niiep@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3405-1784>
- Автор:** КОТУХ Володимир Григорович
к.т.н., с.н.с., доцент, доцент кафедри Нафтогазової інженерії і технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – Volodimir.Kotuh@kname.edu.ua
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6679-8620>
- Автор:** ПАЛІЄВА Катерина Миколаївна
асистент кафедри Нафтогазової інженерії і технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – KAT.81P@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7588-8292>

THEORETICAL RESEARCH OF THE RECIPE OF SUPPLEMENTARY MATERIAL OF TECHNOLOGICAL PURPOSE FOR ENSURING ECOLOGICAL BEZ-PEPYKHURA VYROPYRA

Y. Varlamov¹, V. Kotukh², K. Palyeyeva²

¹Research Institution "Ukrainian Research Institute of Environmental Problems", Kharkiv, Ukraine

²O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

In the manufacture (repair) of products of transport pipeline systems, auxiliary materials are widely used, which play the role of lubricants, cooling, cleaning and other substances. Special requirements are imposed on the composition of such substances, which are developed in accordance with the technological instructions, since they are, as a rule, chemically active, surfactants of organic and inorganic origin. Therefore, not only the quality of processing of structural elements of transport pipeline systems, but also the environmental safety of the technological process of their manufacture (repair) depends on the composition and mass fraction of ingredients in these substances. Of particular importance in solving problems on this problem belongs to the theory of predicting the formation of the composition of effective auxiliary materials, assessed by technological, economic, sanitary and hygienic and other indicators that are directly related to the formulation of these materials.

The theoretical foundations and methods for creating auxiliary materials for technological purposes in the practice of specialized enterprises are implemented using the example of a simplified technological scheme. According to this scheme, the action of each source of deviations (errors in the composition of the auxiliary material) is evaluated separately, and the other sources are "off," that is, the principle of superposition is implemented. For a qualitative reflection of the technological uniformity of any two constituent ingredients in terms of their influence coefficients, the concept of "intersection" is used, and all possible intersections between pairs of constituents form a square matrix of intersections of dimensions. The level of effective homogeneity, which predetermines the quality of the auxiliary material for technological purposes, depends on two groups of indicators that equally affect this effective homogeneity. Thus, any variant of the formulation of an auxiliary material consisting of groups of constituents with the maximum level of objective closure always corresponds to a certain variant of an ordered series of ingredients.

Keywords: auxiliary material, transport pipeline systems, error, quality, reliability, environmental safety, manufacturing, repair.