

де  $b = \frac{1}{Pe(T_g)}$ ,  $Pe(T_g) = \sum_i c_i u_i \frac{v_g^0}{\lambda_g^0 \sqrt{\frac{T_g^0}{273}}}$ ;  $T_g^0$ ,  $v_g^0$  та  $\lambda_g^0$  – температура, швидкість та

теплопровідність газової суміші на вході в реактор.

$$u_i + b_i \frac{\partial u_i}{\partial x} = u_i^0, \text{ при } x = 0,$$

де  $b = \frac{1}{Pe(i)}$ ,  $Pe(i) = \sum_i \frac{v_g^0}{D_i^0 \sqrt{\frac{T_g^0}{273}}}$ ;  $u_i^0$  та  $D_i^0$  – концентрація та коефіцієнт дифузії початкових

реагентів;

$$\frac{\partial u_i}{\partial x} = 0, \text{ при } x = L.$$

Граничні умови для інших речовин, які утворюються і не додаються в потік живлення, такі:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x} = 0, \text{ при } x = 0 \text{ та } x = L.$$

Чисельним рішенням системи рівнянь є вихідні параметри: концентрація продукту реакції та температури твердого матеріалу та газу, як функції часу в кожній точці реактора.

Рівняння (5) може включати в себе елементи, які містять парціальні тиски  $CH_4$  та  $O_2$ . В нашому випадку, оскільки реакція є гетерогенною і відбувається на поверхні в стаціонарному режимі, парціальні тиски  $CH_4$  та  $O_2$  приймаються постійними і тому визначається лише  $CO_2$ . Отже, елементи які містять парціальні тиски  $CH_4$  та  $O_2$  об'єднуються з іншими константами в  $A$  у рівнянні (5).

Результатом дослідження є створення математичної моделі для визначення оптимального складу реагентів для отримання синтез-газу потрібного складу та визначення кінетичних залежностей.

Розроблена математична модель три-риформінгу метану для пористих каталітичних систем у реакторі інтегрального проточного типу дозволяє оцінювати вплив факторів (температури, концентрації компонентів, адіабатичності) на процес та порівнювати експериментальні результати роботи з метою впливу хімічних факторів на активність та селективність процесу. Також розроблена нами математична модель дозволяє оптимізувати процес за необхідними параметрами.

## АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ СБС ІЗ ЗАДАНИМИ РЕОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Теліцина Н. Є., Скіданова Г. М., Суруп І. В.

Національний технічний університет України «КПІ», natashakxtp@mail.ru

**Вступ.** Будівельні суміші – основа промислового і житлового будівництва. Від рівня їхнього виробництва та якості залежать темпи і ефективність будівельних робіт, що суттєво впливає на собівартість житла. Одними із найважливіших показників якості будівельного розчину є реологічні показники, що найбільшим чином впливають на зручність роботи з розчином та на якісні показники затверділого розчину. Це вимагає використання ефективних методів проектування їх складів з урахуванням бажаних рівнів заданих реологічних показників.

**Розробка алгоритму проектування сухих сухої будівельної суміші на повітряних в'язучих.** Розчин сухої будівельної суміші (СБС) має специфічні *реологічні властивості*, такі як в'язкість, пластичність, пружність, міцність, тиксотропність та ін.



Рис. 1. Блок-схема підбору СБС на повітряних в'язучих із заданими реологічними показниками

**1. Визначення виду робіт, де планується застосування СБС.**

Для реалізації даного блоку було використано дві форми введення вихідних даних. На рис. 2 зображений діалог для вибору виду робіт, тобто функціональне призначення СБС [3].

Рис. 2. Вибір виду роботи та функціонального призначення СБС

Регулювання вищезазначених реологічних властивостей досягається за допомогою пластифікаторів та суперпластифікаторів, які розжижають розчинні суміші без підвищення вмісту у них води, що не приводить до зменшення міцності твердого розчину. При дослідженні реологічних властивостей СБС як на повітряних в'язучих так і на гідравлічних раціональним є використання як детермінованого так і стохастичного моделювання, що може бути покладене в основу автоматизованого проектування оптимального складу СБС (рис. 1).

**Розгорнутий алгоритм підбору СБС на повітряних в'язучих.** За запропонованим алгоритмом була розроблена програма у програмному середовищі Visual Basic for Application. Розглянемо кожен з її блоків окремо.

## 2. Введення необхідних реологічних властивостей обраної СБС

Після того як користувач обрав потрібну СБС, необхідно натиснути кнопку «Розрахунок». В результаті відкриється вікно для введення необхідних реологічних властивостей та їх значень для майбутньої будівельної суміші (рис. 4).

З довідкових даних можна дізнатись регламентовані значення показників для необхідної СБС.

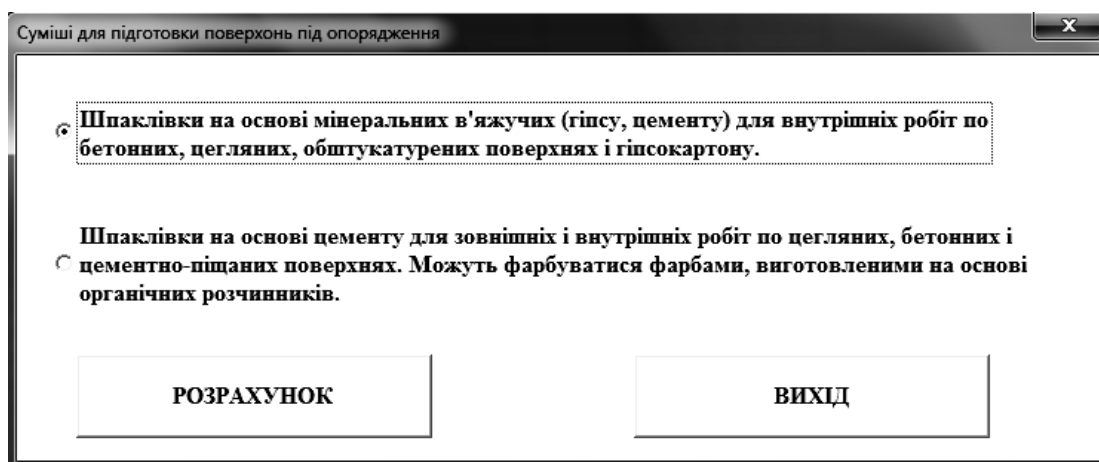


Рис. 3. Вибір виду суміші для підготовки опоряджувальних робіт

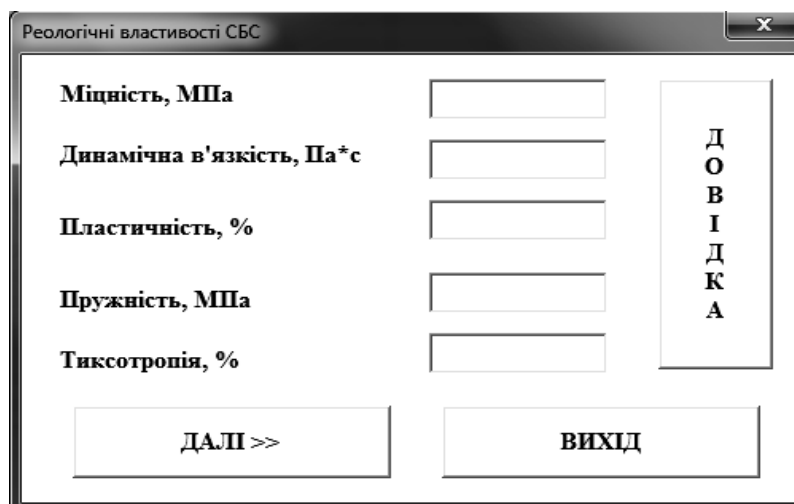


Рис. 4. Введення значень реологічних показників СБС

## 3. Вибір моделі, що описує задані реологічні властивості СБС

На даному етапі роботи використовуються детерміновані математичні моделі, що показують зв'язок реологічних властивостей розчинної суміші із факторами складу та технології. Вирішення системи даних рівнянь дозволить розрахувати попередній склад СБС на повітряних в'язучих із заданими реологічними показниками (табл. 1).

Таблиця 1 – Математичні моделі, які описують реологічні властивості сумішей

Змінна	Моделі	Фактори
Відносна в'язкість суміші	$h_r = 1 + \frac{3}{\frac{X^{n+1/0,52}}{1}}$	X – спостережувана об'ємна концентрація молекул

Продовження табл. 1

Змінна	Модель	Фактори
Відносна в'язкість суміші	$h_r = 1 + d_q \frac{S_r}{\left(\frac{1}{X_v} - \frac{1}{X_{vc}}\right)^{1/2}}$	$d_q$ – середній діаметр частинок наповнювача; $S_r$ – питома поверхня наповнювача; $X_v$ – об'ємна концентрація наповнювача; $X_{vc}$ – максимальна об'ємна концентрація наповнювача
Відносна в'язкість суміші	$h_r = \left(1 - \frac{1}{c \cdot V}\right)^{-(A \cdot q + B)}$	$c$ – фактичний об'єм твердих частинок; $V$ – об'ємна концентрація твердих частинок; $A, B$ – емпіричні коефіцієнти; $q$ – модуль крупності твердих частинок
Динамічна напруга зсуву	$P = \eta \cdot \dot{\gamma}$	$\eta$ – динамічна в'язкість; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву
Динамічна в'язкість	$\eta = \frac{1}{2} \cdot (W - W_a) \cdot \sqrt[3]{S_M - 1}$	$W$ – вода / тверде (В/Т відношення); $W_a$ – водопоглинення; $S_M$ – питома поверхня суміші
Динамічна в'язкість	$\eta = A \cdot \dot{\gamma}^B \cdot \tau^C$	$A, B, C$ – константи; $B, C$ – коефіцієнт пластичності та тиксотропії відповідно; $\tau$ – час релаксації
Показник рухомості	$\varphi = \frac{M + E}{G} \cdot \left(1 + \frac{E}{M}\right)$	$M$ – кількість в'язучого; $E$ – кількість води; $G$ – кількість наповнювача
Модель Сіско	$P = A \cdot \dot{\gamma} + B \left(\dot{\gamma}\right)^n, n < 0$	$A, B$ – емпіричні коефіцієнти; $n$ – постійний реологічний параметр
Модель Уільямса	$P = \left[ \frac{A}{B + \dot{\gamma}} + \mu_\infty \right] \cdot \dot{\gamma}$	$A, B$ – емпіричні коефіцієнти; $\mu_\infty$ – динамічна в'язкість, що спостерігається для $\dot{\gamma} \rightarrow \infty$
Модель Пауелла – Ейрінга	$P = \dot{\gamma} \left[ C + \frac{1}{B \dot{\gamma} } \cdot \operatorname{arsh} \left( \frac{\dot{\gamma}}{A} \right) \right]$	$A, B, C$ – емпіричні коефіцієнти;
Модель Шведова – Бінгама	$P = P_0 + \mu_p \cdot \dot{\gamma}$	$P_0$ – гранична рухомість; $\mu_p$ – коефіцієнт пластичної в'язкості

Змінна	Модель	Фактори
Модель Гершеля – Балклі	$P = P_0 + A \cdot \left( \dot{\gamma} \right)^n$	$P_0$ – границя рухомості; $n, A$ – постійний реологічний параметр
Модель Рейнера – Філіппова	$P = \left[ \mu_0 + \frac{\mu_0 - \mu_\infty}{1 + \left( \frac{\tau}{A} \right)^2} \right] \dot{\gamma}$	$\mu_0, \mu_\infty$ – динамічна в'язкість, що спостерігається для $\dot{\gamma} \rightarrow 0$ та $\dot{\gamma} \rightarrow \infty$ відповідно; $A$ – емпіричний коефіцієнт
Модель Бріана	$P = \mu_\infty \cdot \dot{\gamma} \cdot \left( 1 + \frac{P_\infty}{\mu_\infty \cdot m \cdot \dot{\gamma}} \right)^m$	$\mu_\infty$ – динамічна в'язкість, що спостерігається для $\dot{\gamma} \rightarrow \infty$ ; $P_\infty$ – напруження зсуву при $\dot{\gamma} \rightarrow \infty$
Модель Кесона	$P = \left[ k_0 + k_1 \cdot \left( \dot{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^2$	$k_0, k_1$ – постійні реологічні параметри

#### 4. *Склад СБС, який необхідно уточнити*

Математичний апарат блоку базується на плануванні активного експерименту. Вхідними даними для розрахунку є попередній склад СБС, що задовольняє задані реологічні показники — питома поверхня суміші, відношення В/Т, кількість наповнювача, кількість в'язучого, кількість модифікуючої добавки.

#### 5. *Технологія нанесення обраної СБС*

Для кожного виду СБС користувач може скористатися довідкою, в якій зазначено технологію нанесення обраної суміші. Наприклад для шпаклівок пропонується вікно із довідкою зображене на рис. 5.

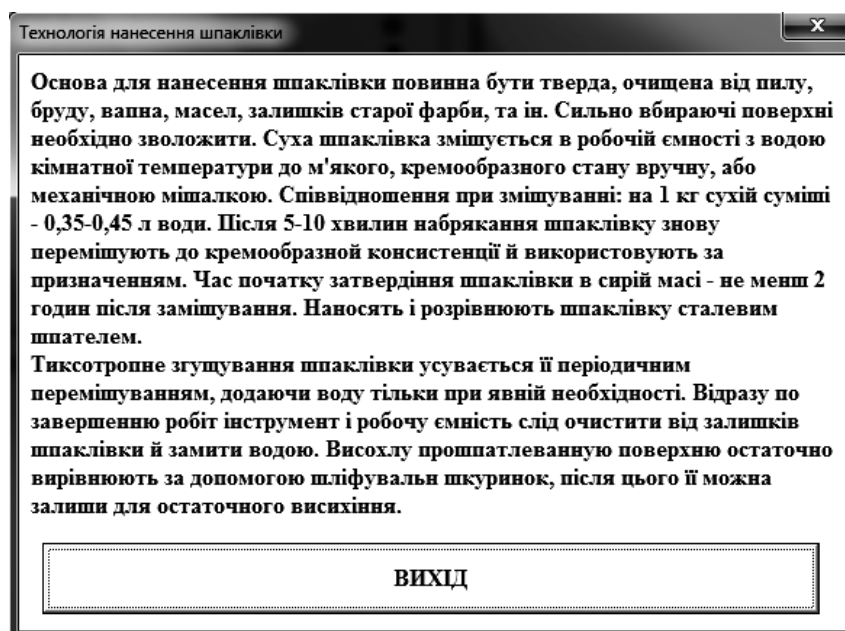


Рис 5. Довідка про технологію нанесення шпаклівки

**Висновки.** На основі існуючих математичних залежностей була створена база даних детермінованих моделей, що описують реологічні властивості розчинних сумішей на основі СБС. Був розроблений алгоритм автоматизованого підбору складу СБС, що задовольняє задані значення реологічних показників розчину. За даним алгоритмом був створений програмний модуль у Visual Basic for Application, в основі якого лежить аналіз детермінованих та побудова і аналіз експериментально-статистичних моделей, що описують задані реологічні властивості розчину із бажаними значеннями показників якості суміші.

1. Обзор рынка строительных материалов // Бизнес. – №10. – 2000.
2. Коровяков В. Ф. «Гипсовые сухие смеси» // Сухие строительные смеси. – №4. – 2008.
3. Загальний Класифікатор «Галузі народного господарства України»

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ СПОЛУК ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИПАДКІВ ПЕРЕБІГУ ЕКСТРАКЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Дячок В.В., Мальований М.С.

Національний університет "Львівська політехніка", mmal@polynet.lviv.ua

Екстрагування біологічно-активних сполук із рослинної сировини є важливим технологічним процесом, підвищення ефективності якого впливає на техніко-економічні показники виробництва цілого ряду галузей промисловості. Збільшити кількість цільових речовин в результаті екстрагування, а також покращити їх якість можна шляхом вдосконалення самого процесу. Метою досліджень було дослідити ефективність та оцінити доцільність проведення технологічної операції – пресування рослинної сировини, на процес екстрагування, ускладнений супутніми явищами (умовно названий нетрадиційним випадком перебігу екстракційних процесів).

Математична інтерпретація операції пресування розглядалась виходячи із такої послідовності протікання процесів, які мають місце в процесі екстрагування рослинної сировини: набухання, кінетичний процес розчинення цільового компоненту з досягненням певного ступеня рівноваги та пресування відпрацьованої рослинної сировини.

Для аналізу вводились такі величини:  $C_o$  – початкова концентрація цільового компоненту у твердій фазі (рослинній сировині),  $W$  – об'єм екстрагенту,  $G$  – маса твердої фази взятої для екстрагування,  $\chi = C/C_p$  - ступінь наближення до рівноваги  $0 \leq \chi \leq 1$ ,  $C_p$ ,  $C$  - рівноважна та біжуча концентрація екстрагенту, що міститься у клітинному та міжклітинному просторі твердої фази, або іншими словами у порах та вмістилищах рослинної сировини,  $\gamma = [1 - (V/V_o)]$  – ступінь відтиснення,  $0 \leq \gamma \leq 1$ , тут  $V$  та  $V_o$  – фактичний об'єм та максимально можливий об'єм екстрагенту, який міститься у порах, клітинному та міжклітинному просторі рослинної сировини, враховуючи здатність її до набухання;  $\beta = G/W$  - співвідношення фаз  $\eta = V/G$  – об'єм екстрагенту, який утримується твердою фазою після її набухання,  $\varphi = V/W$  – співвідношення об'єму екстрагенту, що міститься у порах, клітинному та міжклітинному просторі рослинної сировини, до основного об'єму екстрагенту, завантаженого для екстрагування.

Концентрація цільових речовин у екстрагенті, що міститься у клітинному та міжклітинному просторі твердої фази після умовно першої стадії екстрагування (набухання), рівна:

$$C_{\text{поч.}} = GC_o/V = C_o/\eta. \quad (1)$$

На кінетичній стадії проходить дифузійний перехід цільового компоненту через пори клітинних мембран, міжклітинний простір і у основний об'єм екстрагенту. Цю стадію доречно називати кінетично-дифузійною. Ступінь наближення до рівноваги на цій стадії виражається рівнянням: