



Свідерський В. А.



Черняк Л. П.



Сангінова О. В.



Дорогань Н. О.



Цибенко М. Ю.

**Свідерський В. А.**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (НТУ України «КПІ»), проспект Перемоги 37, корпус 21, м. Київ, 03056, Україна, Тел./факс: +38 044 406 86 05, e-mail: xtkm@kpi.ua;

**Черняк Л. П.**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, НТУ України «КПІ», проспект Перемоги 37, корпус 21, м. Київ, 03056, Україна, Тел.: 454 97 96, моб. 067 2985775, e-mail: lpchernyak@ukr.net;

**Сангінова О. В.**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, НТУ України «КПІ», проспект Перемоги 37, корпус 4, м. Київ, 03056, Україна, Моб.: 0976830975, e-mail: sanginova@xtf.kpi.ua

**Дорогань Н. О.**, кандидат технічних наук, асистент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, НТУ України «КПІ», проспект Перемоги 37, корпус 21, м. Київ, 03056, Україна, Моб.: 098 7143039, e-mail: nataliyadorogan@ukr.net

**Цибенко М. Ю.**, магістр, студентка кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, НТУ України «КПІ», проспект Перемоги 37, корпус 21, м. Київ, 03056, Україна, Моб.: 0634459191, e-mail: marynatsybenko@ukr.net

**V. Sviderskyi**, Dr. Sci. (Tech.), professor, Head of Department of National Technical University of Ukraine «KPI», Peremoga prosp. 37, Kyiv, 03056, Contact tel.: +38044 406 86 05, e-mail: xtkm@kpi.ua

**L. Cherniak**, Dr. Sci. (Tech.), professor, professor of National Technical University of Ukraine «KPI», Peremoga prosp. 37, Kyiv, 03056, Contact tel.: +38 067 298-57-75, e-mail: lpchernyak@ukr.net;

**O. Sanginova**, Cand. Sci. (Tech.), associate professor, associate professor of National Technical University of Ukraine «KPI», Peremoga prosp. 37, Kyiv, 03056, Contact tel.: +38 0976830975, e-mail: sanginova@xtf.kpi.ua

**N. Dorogan**, Cand. Sci. (Tech.), assistant of National Technical University of Ukraine «KPI», Peremoga prosp. 37, Kyiv, 03056, Contact tel.: +38 098 7143039, e-mail: nataliyadorogan@ukr.net

**M. Tsybenko**, master's degree, student of National Technical University of Ukraine «KPI», Peremoga prosp. 37, Kyiv, 03056, Contact tel.: +38 0634459191, e-mail: marynatsybenko@ukr.net

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

#### SOFTWARE FOR TECHNOLOGY OF LOW TEMPERATURE ASTRINGENT MATERIALS

**Анотація.** Наведено дані про створення нової комп'ютерної програми «РоманЦем» для оперативного визначення складу сировинних сумішей для виготовлення мінеральних в'язучих типу романцементу. Показано результати практичного застосування нової програми для розробки та аналізу в'язучого матеріалу.

**Ключові слова:** романцемент, технологія, суміш сировинна, розрахунки комп'ютерні, аналіз, склад, властивості.

**Анотация.** Приведены данные о создании новой компьютерной программы «РоманЦем» для оперативного определения состава сырьевых смесей для изготовления минеральных вяжущих типа романцемент. Показаны результаты практического применения новой программы для разработки и анализа вяжущего материала.

**Ключевые слова:** романцемент, технология, смесь сырьевая, расчеты компьютерные, анализ, состав, свойства.

**Annotation.** Data about creation of the new computer program «RomanCem» for operative determination of raw material mixtures composition for making mineral astringent type Roman cement are brought. Results of practical application of the new program for development and analysis of astringent material are shown.

**Keywords:** roman cement, technology, mixture raw material, calculations computer, analysis, composition, properties.

#### Вступ

Технологія виробництва мінеральних в'язучих матеріалів пов'язана з використанням значних обсягів карбонатної та глинистої сировини природного і техногенного походження [1-5].

Виробництво найбільш поширеного мінерального в'язучого – портландцементу характеризується значними енергетичними витратами при високотемпературному випалі (понад 1400 °C) клінкеру та його помелі з добавками до вискодисперсного стану. Сучасні вимоги ресурсозбереження підвищують актуальність виробництва гідралічних мінеральних в'язучих низькотемпературного випалу (900-1200 °C) типу романцементу, що може стати в ряді будівельних робіт заміником більш енергоємного і вартісного портландцементу [6].

Тривалий час технологія виготовлення мінерального в'язучого типу романцементу базується, головним чином, на застосуванні одного різновиду сировини – мергелю, розповсюдження якого є обмеженням [7-10]. Розширення різновидів потенційної сировини природного та техногенного походження визначає необхідність вдосконалення методики визначення та

оптимізації складу полікомпонентних сумішей для виготовлення гідралічного мінерального в'язучого низькотемпературного випалу із застосуванням комп'ютерних розрахунків [11,12], в напрямку чого виконана подана робота.

#### 1. Принцип рішення задачі

У хімічній технології мінеральних в'язучих як основний компонент використовують сировину з високим вмістом CaO (мергель, вапняк, крейда), до яких додають компоненти з підвищеним вмістом SiO<sub>2</sub> і Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (глина, каолін) та оксидів заліза (піритні недопалки, червоний шлам).

Склад мінерального в'язучого типу романцементу розраховують за заданим значенням гідралічного модуля НМ, що характеризує співвідношення між найважливішими оксидами за формулою:

$$HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Значення гідралічного модуля романцементу може коливатись у межах: НМ = 1,10-1,70.

Принцип оперативної оптимізації рішення задачі на основі програмного забезпечення зводиться до наступного:

1. Вводяться табличні дані з низкою хімічних складів ймовірних сировинних компонентів.
2. Задається значення гідралічного модулю НМ.
3. За прийнятою формулою розрахунку визначаються всі поєднання по два або три компоненти, які забезпечують задані значення НМ. Таким чином при будь-якій достатньо великій сировинній базі можна оперативно визначити раціональні співвідношення компонентів у вихідній сировинній суміші.

## 2. Опис комп'ютерної програми

Рішення поставленої задачі здійснюється програмою РоманЦем, яка написана на мові програмування C#. Вона може виконуватися на будь-якому ПК під управлінням операційної системи Windows, версії NT і пізніших.

Хімічний склад будь-якого числа потенційної сировини як вихідні дані розміщуються у файлі Components.txt, формату CSV. Він може бути сформований і відкоректований будь-яким текстовим редактором або із застосуванням Excel.

Програма виконує розрахунок у варіантах 2- або 3- компонентної суміші. Вибір варіанту здійснюється користувачем після виклику програми в інтерактивному режимі через вікно на моніторі (рис. 1).

Після вибору варіанта розрахунку користувачеві надається можливість ввести заданий параметр розрахунку – число НМ, далі потрібно натиснути клавішу <Enter>.

Якщо число введено вірно, кнопка Calculate стає доступною, її натискання ініціює розрахунок варіанту. Програма інформує користувача про завершення розрахунку, висвічуючи вікно з повідомленням Done.

У результаті розрахунку програма формує вихідний текстовий файл, що містить склад можливих сировинних сумішей (мас. % компонентів), хімічний склад суміші та в'язучого з неї (мас. % оксидів), відповідне число НМ. Назва файлу інформує про те, результати якого розрахунку він містить.

Встановлено, що за даною методикою за допомогою ПК вдається визначати 2- та 3-компонентні варіанти сумі-

шей для виготовлення мінерального в'язучого з рівними заданими характеристиками. При цьому час розрахунку практично не залежить від вихідного числа можливих сировинних матеріалів.

Точність одержуваних результатів залежить виключно від величини похибки вихідних даних, що вводяться в ПК, тобто від точності визначення хімічного складу можливих сировинних матеріалів.

## 3. Практичне використання програми «РоманЦем»

Розроблена програма «РоманЦем» пройшла налагодження і використовується для кількісного визначення складу сировинних сумішей мінерального в'язучого низькотемпературного випалу з нелімітованого числа можливих вихідних матеріалів. При цьому операційна швидкість розрахунків дозволяє отримати значний обсяг аналітичної інформації.

Так, визначено склад і проведено аналіз 2-компонентних сумішей для отримання мінерального в'язучого на основі дубовецького вапняку з глинистими компонентами відмінного хіміко-мінералогічного складу (табл.1).

На основі проведених комп'ютерних розрахунків встановлено, що у заданому інтервалі НМ=1,1-1,7 необхідні кількісні співвідношення компонентів бінарних систем вапняк-глина суттєво залежать від різновиду останньої, при цьому між вмістом глинистого компонента та числом гідралічного модулю існує обернено пропорційна залежність (рис.2).

При застосуванні незбагаченого каоліну КССК його необхідний вміст становить 22,4–32,0 мас.%, глини кривинської – 24,3–4,7 мас.%, глини спондилової – 31,4–44,8 мас. %, Отже, при застосуванні спондилової глини суттєво зменшується необхідна кількість карбонатної сировини – вапняку.

Після випалу досліджувані суміші на основі вапняку з різновидами глинистого компонента характеризуються відмінностями фазового складу [13].

За результатами рентгенофазового аналізу співвідношення інтенсивностей характерних рефлексів вказує, що після випалу на 1150 °С матеріал суміші 9-1 із спондиловою глиною та 8-1 з кривинською глиною відрізняється суттєво більшим розвитком кристалічної фази геленіту  $C_2AS$  (рис. 3).

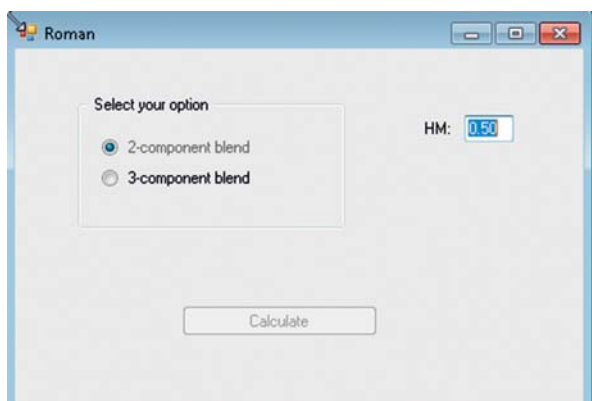


Рис. 1. Інтерактивне вікно на моніторі ПК.

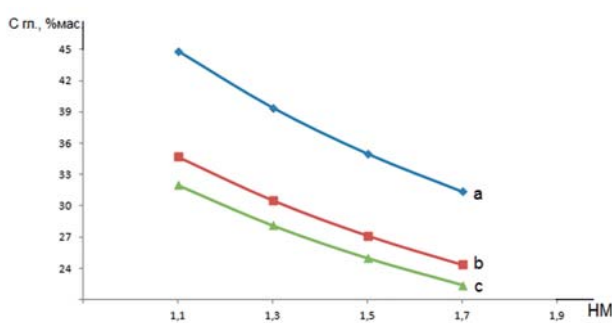


Рис. 2. Залежність вмісту глини спондилової (а), кривинської (б), каоліну КССК (с) у бінарній системі на основі вапняку від гідралічного модулю НМ

Таблиця 1.

Склади сировинних сумішей

Код суміші	НМ	Вміст компонентів, мас. %			
		вапняк	спондилова	кривинська	КССК
9-1	1,10	55	45	-	-
9-4	1,70	68,5	31,5	-	-
8-1	1,10	65,5	-	34,5	-
8-4	1,70	75,5	-	24,5	-
7-1	1,10	68,0	-	-	32,0
7-4	1,70	77,5	-	-	22,5

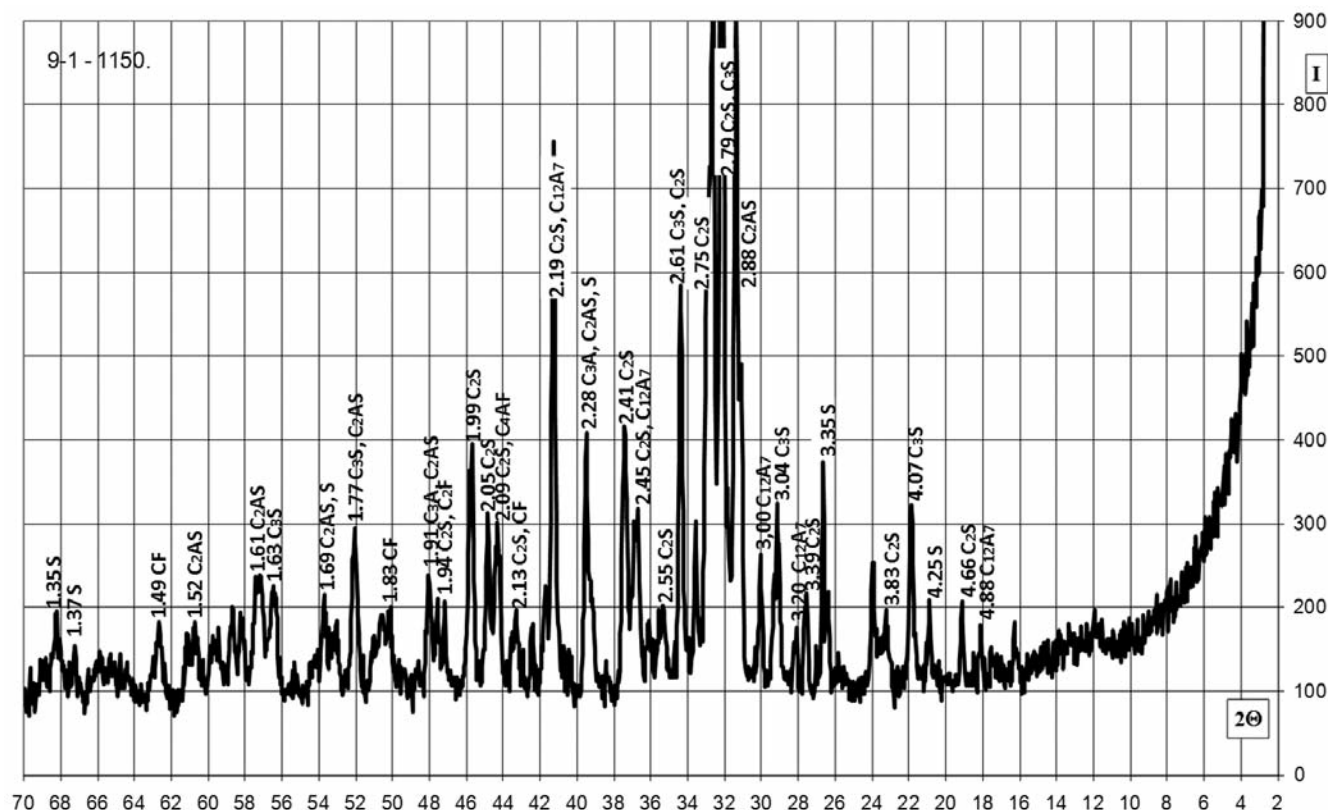


Рис. 3. Дифрактограма матеріалу з суміші 9-1 після випалу на 1150 °C

Матеріал проби 7-1 з каоліном КССК при відносно меншому від вказаних проб з глинами розвитку  $C_2AS$ , відзначається більшим вмістом фаз  $C_3A$ ,  $C_{12}A_7$  та кварцу.

Щодо утворення кальцієвих силікатів, то при значному загальному перевищенні фази  $C_2S$  над  $C_3S$  матеріал проб 8-1 та 7-1 характеризується відносно більшим вмістом  $C_2S$ , ніж у пробі 9-1.

Тестування технологічних властивостей розчину із застосуванням отриманого в'язучого матеріалу показало, що згідно класифікації ДСТУ Б В.27-91-99 [14] за швидкістю тужавлення отримані проби відносяться до нормально тужавлюючих з пониженою міцністю: при використанні проби 9-1 із збільшенням температури її випалу показники початку та кінця тужавлення зростають і в випадку 1150 °C складають відповідно 50 та 110 хв. Це відповідає уявленням про те, що процес тужавлення в'язучого типу романцементу проходить швидше за портланд-

цемент: початок має наступати не ранніше 15 хв, а кінець – не позніше 24 годин від часу зачинення.

## Висновки

1. Визначення складу сировинної суміші із застосуванням створеної комп'ютерної програми «РоманЦем» доцільне для оптимізації технологічних параметрів і підвищення техніко-економічної ефективності виробництва мінеральних в'язучих матеріалів низькотемпературного випалу.

2. Створена програма «РоманЦем» має бути використана фахівцями промисловості будівельних матеріалів, виробничих, науково – дослідних і проектних організацій, що працюють в галузі хімічної технології силікатів, викладачами та студентами вищих навчальних закладів за спеціальністю «Хімічні технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів».

## Література:

1. Duda Walter H. Cement Data Book, Volume 3: Raw Material for Cement Production – French & European Pubns, 1988. – 188 р.
2. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов / Удачкин И.Б., Пашенко А.А., Черняк Л.П., Захарченко П.В., Семидидько А.С., Мясникова Е.А. – К.: Будівельник, 1988. – 104 с.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. – Ростов н/Д: Феникс. – 2007. – 363 с.
4. Техногенные материалы в производстве цемента: монография/ В.К. Классен, И.Н. Борисов, В.Е. Мануйлов; под общ. ред. В.К. Классена. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 126 с.
5. Носанчук Т.П. Зола-виносу ТЕС як компонент портландцементного клінкеру / Т.П. Носанчук, Н.О. Дорогань, Л.П. Черняк // Матеріали десятої Міжт.П. дународной научно-практической конференции «Наука, образование и техника: итоги 2013 года»: – Донецк: «Аспект», 2013.- т. 2. – С. 94-100.
6. Шельонг Г. Романцемент – в'язуче для опоряджувальних робіт в будівництві / Г. Шельонг, М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів // Строительные материалы и изделия. – К. – 2012. – № 1 (72). – С. 7-12.
7. Технология вяжущих веществ. Под общ. ред. Юнга В.Н. / А.Н. Боков, Ю.М. Бутт, В.К. Дейнека, С.Д.Окороков, В.Н. Юнг-М.: Госстройизд-дат, 1947. – 327 с.
8. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев – М.: Высшая школа, 1980. – 460 с
9. Пашенко А. А. Вяжущие материалы / А.А. Пашенко, В.П. Сербии, В.А. Старчевская – К.: Вища школа, 1985. – 440 с.
10. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986.- 463 с.
11. Комп'ютерна програма «КЛІНКЕР» /Свідерський В.А., Черняк Л.П., Дорогань Н.О.; заявник НТУ України «КП». – дата реєстрації 30.05.2013.
12. Свідерський В.А. Програмне забезпечення технології портландцементу / В.А. Свідерський, Л.П.Черняк, Н.О. Дорогань, А.С.Сорока // Строительные материалы и изделия. – К. – 2014. – № 1 (84). – С. 16-17.
13. Цибенко М.Ю. Фазовые превращения при низкотемпературном обжиге вяжущего материала / М.Ю. Цибенко, Н.А. Дорогань, Л.П. Черняк // Девятая молодежная научная конференция «Техничес-кие науки. Индустриальный менеджмент» – г.Бургас (Болгария), 2015.- С. 27-28.
14. ДСТУ Б В.2.7-91-99. В'язучі мінеральні. Класифікація. – Введ. 01.03.1999. – К.: Держбуд України, 1999. – 26 с.