

длина разгонной лопатки определяется из выражения:

$$L = \int \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (22)$$

где  $x = \rho \cos \varphi$ ,  $y = \rho \sin \varphi$ .

Если предположить, что между конструктивными параметрами существует следующая связь:  $b > a$ , следовательно:

$\frac{a}{b} < 1$ , тогда  $\varepsilon^2 = 1 - \frac{a^2}{b^2} > 0$ , и длина разгонной лопатки в виде дуги эллипса принимает окончательный вид

$$L = 2a \int_0^{\alpha} \sqrt{\frac{1 - 2\varepsilon^2(1 - 2\varepsilon^2)\sin^2\varphi - 3\varepsilon^4\sin^4\varphi}{(1 - \varepsilon^2\sin^2\varphi)^3}} d\varphi, \quad (23)$$

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Белов Н. Н. Динамика высокоскоростного удара и сопутствующие физические явления / Н. Н. Белов, Н. Т. Югов, Д. Г. Копаница, А. А. Югов. – Томск: STT, 2005. – 356 с.
2. Теоретические и экспериментальные исследования высокоскоростного взаимодействия тел. // Под ред. А. В. Герасимова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. – 572 с.
3. Дезинтеграторы (конструкции, расчет): монография / В. С. Богданов, И. А. Семикопенко, В. П. Воронов, Н. Д. Балера - Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. - 188 с
4. Богданов В.С. Процессы помола и классификации в производстве цемента / В.С. Богданов, А.С. Ильин, Н.П. Несмеянов. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 199 с

5. Богданов В.С. Процессы в производстве строительных материалов и изделий: Учебник. / В.С. Богданов, А.С. Ильин, И.А. Семикопенко. – Белгород: Везелица, 2007. – 512 с.
6. Семикопенко И.А. Дезинтеграторы с эксцентричным расположением рядов рабочих элементов: дисс. канд. техн. наук по специальности: 05.02.13. – Белгород: БелГТАСМ, 1998. – 140 с
7. Rose H.E., Sullivan R.M. Vibration Mills and Vibrating Milling – London: 1961. – 195 s

**Балера М.Д., Гордієнко А.Т., Касай С.О. КОМПЛЕКС ДЛЯ ТОНКОГО ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ.** Описана конструкція пневмомеханічного помольно-класифікаційного комплексу, що забезпечує поєднання помелу та класифікації матеріалу в рамках одного агрегату, дотримуючись принципу стадійності обробки. Представлено математичний опис кутів розкиду часток матеріалу, що подрібнюється в цен-тробежно-протivotочної млині. **Ключові слова:** подрібнення, класифікація, помел, агрегат, млин, стадійність обробки.

**Balera N.D., Gordienko A.T., Kasai S.A. COMPLEX FOR THIN FILM MATERIALS.** The design of a pneumomechanical grinding and classification complex is described that provides for combining the grinding and classifying the material within a single unit, observing the principle of stage-by-stage processing. A mathematical description of the angles of scatter of the particles of the material to be ground in a centrifugal-countercurrent mill is presented. **Keywords:** grinding, classification, grinding, aggregate, mill, stage processing.

УДК 691.5; 693.542.4

**Павлюк В.В., Бондаренко О.П, Комлик В.І.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури  
(Повітрофлотський проспект, 31, Київ, 03680, Україна; e-mail: [Tbkvm174@meta.ua](mailto:Tbkvm174@meta.ua))*

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КОМПОЗИЦІЙНІ ЦЕМЕНТИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ В ЗИМОВИХ УМОВАХ

Встановлено можливість підвищення тепловиділення композиційного в'язучого з вмістом золи-винесення не менше 50%, модифікованого меленим негашеним вапном. Визначено оптимальний вміст меленого негашеного вапна у складі енергоефективного композиційного цементу за критеріями максимального тепловиділення та міцності.

**Ключові слова:** енергоефективність, композиційні цементы, вапно, зола-винесення, тепловиділення, міцність.

У зв'язку з підвищенням вартості енергоресурсів в Україні актуальним є застосування енергозберігаючих технологій в різних сферах промисловості, зокрема і в будівництві, де останнім часом особливої по-

пулярності набуло зведення будинків монолітно-каркасного типу, що в свою чергу, висуває певні вимоги до будівельно-технічних властивостей в'язучих речовин та бетонів на їх основі.

Встановлено [1], що в результаті гідролізу алітової фази портландцементу утворюються гексагональні пластинчаті кристали портландиту, які в значній мірі сприяють кольматації пор з отриманням блочно-ритмічної мікроструктури цементного каменю та визначають можливість отримання ранньої та марочної міцності. В той же час, внаслідок спайності по площинах (0001) кристали портландиту обмежують ріст міцності алітового каменю. При цьому ряд будівельно-технічних властивостей алітових портландцементів є недостатньо високим. Для того, щоб цемент став дійсним фактором надійності будівель і споруд, в нього необхідно вводити гідравлічні добавки, які зв'язують розчинні сполуки портландцементу, що твердіє в нерозчинні, зміцнюючи при цьому і ущільнюючи бетони, і тим самим сприяють утворенню продуктів гідратації в неклінкерній частині [2].

Використання добавки золи-вінсення на заміну частини портландцементного клінкеру одночасно приведе до зниження енергозатрат на виробництво цементу і бетону і до вирішення певних екологічних проблем, що виникають під час виробництва ПЦ та дасть можливість утилізувати частину відходів теплових електростанцій.

Вміст золи може бути максимальним при використанні високоактивних цементів та прискорювачів тверднення. Так, за даними [3] підвищену кількість золи-вінсення як активного мікронаповнювача найбільш доцільно вводити при використанні портландцементів з високим вмістом аліту і беліту. Заміна частини цементу золою в бетоні зі зниженим вмістом в'язучого іноді викликає зменшення водопотреби суміші навіть в тому випадку, якщо зола має водопотребу більш високу, ніж цемент.

Але, додавання золи-вінсення до цементу значно зменшує тепловиділення в'язучого, що є небажаним при виконанні бетонних робіт за умов від'ємних чи понижених додатніх температур [4].

Для проведення зазначених робіт у зимовий період необхідно вживати заходи, що сприяють підвищенню саморозігріву

бетонних сумішей за рахунок тепловиділення при гідратації компонентів системи з метою інтенсифікації будівельних процесів, що базуються на раціональному використанні прискорених методів тверднення бетонів.

**Метою роботи** є вивчення можливості підвищення тепловиділення композиційного в'язучого з вмістом золи-вінсення не менше 50%, модифікованого меленим негашеним вапном.

**На першому етапі роботи** дослідження виконувались із застосуванням портландцементу ПЦ-I М500 (ДСТУ Б.В.2.7-46-96) виробництва ПАТ «Волиньцемент», «Подільський цемент» та «Івано-Франківськцемент». Мінералогічний склад цементів наведено в таблиці (табл. 1).

Для проведення досліджень готували цементне тісто нормальної густоти (ТНГ) на основі цементів різного мінералогічного складу без добавок.

Таблиця 1 - Мінералогічний склад цементів

Завод-виробник	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
ПАТ «Волиньцемент»	56,0	20,0	8,0	12,0
ПАТ «Подільський цемент»	58,6	15,7	8,1	13,7
ПАТ «Івано-Франківськцемент»	60,20	16,88	5,6	14,62

Спостереження за тепловиділенням цементу проводилися зв використанням багатофункціонального вимірювача-регулятора температури ІРТ-4, шляхом реєстрації зміни температури цементного тіста, яке знаходилося в ємкості, термоізолюваній від зовнішнього середовища (рис. 1). В центрі суміші було розміщено термодатчик, з'єднаний зі шкалою реєструючого приладу.

Зміну в часі температури цементного тіста нормальної густоти різного мінералогічного складу представлена графічними залежностями (рис. 2).



Рис. 1. Зовнішній вигляд приладу для реєстрації зміни температури цементного тіста.

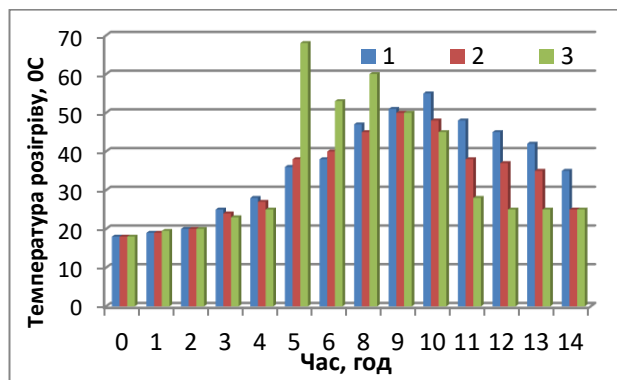


Рис. 2. Температурні криві розігріву цементів різного мінералогічного складу 1– ПЦ виробництва ПАТ «Волинь-цемент»; 2– ПЦ виробництва ПАТ «Подільський цемент»; 3– ПЦ виробництва ПАТ «Івано-Франківськцемент».

Аналіз отриманих даних дозволяє зазначити, що тривалість індукційного періоду й характер зміни температури бездобавочних зразків на основі цементів ПАТ «Волинь-цемент» та ПАТ «Подільський цемент» з близьким мінералогічним складом майже однаковий з незначним перевищенням максимальної температури у «Здолбунівського ПЦ» (56 °С), порівняно з «Кам'янець-Подільським» (52 °С). В цементу виробництва ПАТ «Івано-Франківськ

цемент» з водопотребою ТНГ близькою до цементу ПАТ «Волинь-цемент» (30%), тривалість індукційного періоду майже не відрізняється й триває близько 4 год. Проте, час, необхідний для досягнення максимуму на температурній кривій цементу виробництва ПАТ «Івано-Франківськ цемент» складає 6...8 год, порівняно з 8...10 год у цементу виробництва ПАТ «Волинь-цемент» та ПАТ «Подільський цемент». При цьому тісто розігрівається до 68 °С. Це можна пояснити мінералогічним складом використаних цементів (зокрема «Івано-Франківського» цементу), що характеризується підвищеним вмістом аліту [5, 6]. Зазначені залежності підтверджуються результатами отриманими раніше [7].

Оскільки, твердіння ТНГ на основі портландцементу виробництва ПАТ «Івано-Франківськ цемент» проходить найбільш інтенсивно, то саме його доцільно використовувати при подальшому дослідженні.

**На другому етапі роботи** вивчено вплив механо-активованої золи-винесення (ЗВ) Ладижинської ТЕС на тепловиділення цементу виробництва ПАТ «Івано-Франківськцемент» (рис. 3).

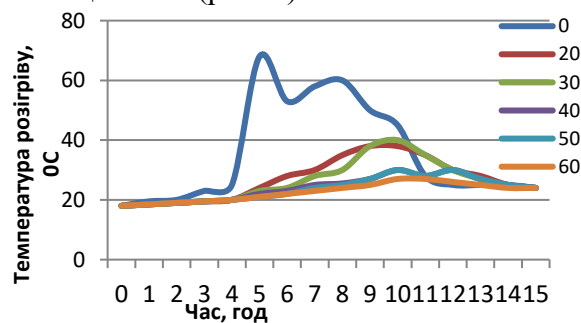


Рис. 3. Температурні криві розігріву ПЦ виробництва ПАТ «Івано-Франківськцемент», модифікованого механо-активованою золою-виносу Ладижинської ТЕС.

Золу вводили у кількості 20, 30, 40, 50 та 60 мас.%. Аналіз графічних залежностей свідчить, що при гідратації ПЦ з додаванням золи-винесення спостерігається зменшення тепловиділення в'язучого та зниження температури розігріву композицій. І, відповідно, збільшення кількості золи в системі викликає подальше зменшення екзотермії, але непропорційно, так як при рівномірному розподілі часток золи в цементі

клінкерні зерна розсуваються, що сприяє більш глибокій їх гідратації.

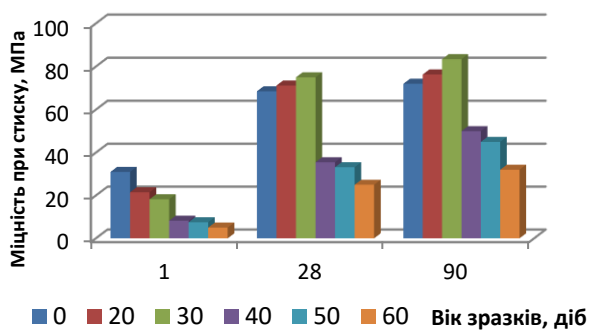


Рис. 4. Кінетика нарощування міцності цементного каменю, модифікованого механо-активованою золю-виносу.

На діаграмі показано залежність межі міцності при стиску цементного каменю з додаванням різної кількості золи-винесення. Аналіз графічних залежностей (рис.4) свідчить, що при максимальному вмісті золи (60мас.%) міцність цементного каменю як в ранньому, так і в проектному віці значно менша, ніж базового складу. Тобто для підвищення ефективності використання золи потрібно додатково домелювати.

Для подальших досліджень використовували саме механо-активовану золу в кількості 60% від маси в'язучої речовини [8].

На третьому етапі роботи досліджено можливість підвищення тепловиділення композиційного в'язучого на основі пуцоланового цементу шляхом введення в систему на заміну золи меленого негашеного вапна у кількості 5, 10, 15 та 20 мас.% (рис. 5).

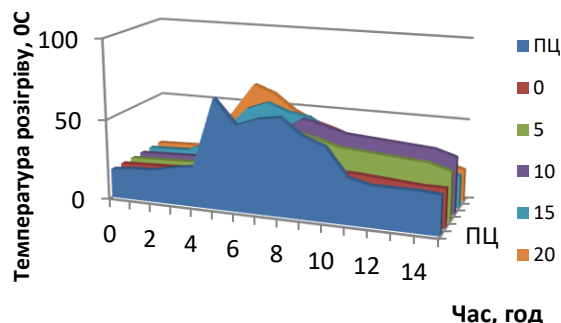


Рис. 5. Температурні криві розігріву композиційного портландцементу(40мас.% ПЦ + 60мас.% ЗВ), модифікованого меленим негашеним вапном.

Одразу після додавання води вапно починає гаситися з виділенням великої кількості тепла. В результаті, температура розігріву тіста значно збільшується пропорційно кількості негашеного вапна. При цьому, позитивні результати можна отримати тільки за умови застосування негашеного вапна тонкого помелу, тобто коли воно здатне погаситися в складі бетону до початку твердіння. В цьому випадку зміна його об'єму не викличе внутрішніх напружень взагалі. А от крупні частки, що утворюються при грубому помелі, можуть викликати нерівномірну зміну об'єму цементного каменю і навіть розтріскування бетону [9, 10].

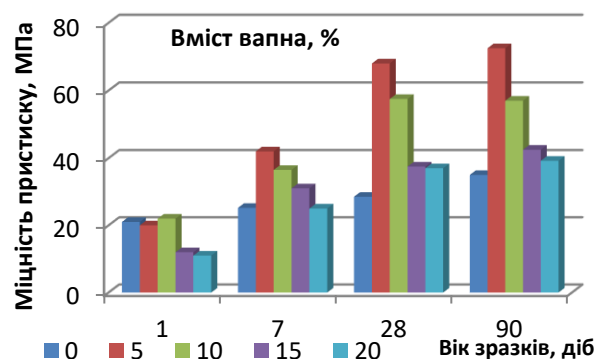


Рис. 6. Кінетика нарощування міцності цементного каменю (40мас.% ПЦ + 60мас.% ЗВ), модифікованого меленим негашеним вапном.

Аналіз зміни міцності таких систем в різні терміни гідратації (рис.6) свідчить, що недоцільно застосовувати максимальні дозування вапна, бо, незважаючи на значний температурний ефект, збільшення дозувань вапна понад 10 мас.% призводить до подальшого зниження міцності особливо це явище виявляється на пізніх етапах гідратації.

**Висновки.** Мінералогічний склад цементів значно впливає на процеси гідратації і тепловиділення. Встановлено, що найвищу температуру розігріву має високоалітний портландцемент ПАТ «Івано-Франківськцемент».

Тепловиділення при твердінні в'язучого з додаванням золи менше, ніж при твердінні портландцементу. Кількість теплоти, що виділяється при цьому зменшується зі збільшенням вмісту золи-винесення, але непропорційно.

Визначено оптимальний вміст меленого негашеного вапна у складі енергоефективного композиційного цементу за критеріями максимального тепловиділення та міцності.

Отримані результати можуть бути використані при розрахунку теплових процесів та умов теплової обробки бетонів на основі зазначених в'язучих речовин, зокрема, при їх застосуванні для отримання енергоефективних дисперсноармованих бетонів для зимового будівництва.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Саницький М.А., Соболев Х.С., Марків Т.С., Новицький Ю.Л., Здоров А.Й. Композиційні цементы з модифікаторами пластифікуюче-прискоруючої дії. // (<http://www.bi.zp.ua>)
2. Здоров А.И., Дмитренко И.В. Тенденции производства цемента и бетона в Украине // Технический семинар. Современный взгляд на новый шлакопортландцемент. – Днепропетровск, 2004 г. – с. 15-18
3. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов В.Н. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1984 -246 с.
4. Райхель В., Глатте Р. Бетон. В 2-х ч. Ч. 2. Изготовление. Производство работ. Твердение. / Пер. с нем. Л.А. Феднера; Под ред. В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1981. – 112 с., ил.
5. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М., Мальхотра В.М. и др. Добавки в бетон: Справ. Пособие. – М.: Стройиздат, 1988.-575 с.
6. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986 – 464 с.

7. Павлюк В.В., Терещенко Л.В., Бондар К.В. Модифіковані композиційні цементы для виконання робіт в зимових умовах Збірник Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. -2010. - № 38. – с. 27-31.
8. Эффективные строительные материалы та виробы на основі активированих паливних зол і шлаків: автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.23.05 / В.И. Гоц; Київ. нац. ун-т буд-ва. і архіт. — К., 2009. — 36 с.
9. Монастырев А.В. Производство извести: Учебник. - 3-е изд., перераб. и доп. - М: Высшая школа, 1978. - 215 с.
10. Штарк Йохан, Вихт Бернд. Цемент и известь / Пер. с нем. – А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. Киев, 2008, 480 с.

**Pavlyuk V.V., Bondarenko O.P., Komlik V.I. ENERGY EFFICIENT COMPOSITION CEMENTS FOR PERFORMANCE OF WORK IN WINTER CONDITIONS.** The possibility of increasing the thermal emission of composite binder with ash content of at least 50%, modified by ground, unpolluted lime was established. The optimum content of ground quicklime in the composition of energy-efficient composite cement according to the criteria of maximum heat dissipation and strength is determined.

**Key words:** energy efficiency, composite cements, lime, ash-fly, heat dissipation, strength.

**Павлюк В.В., Бондаренко А.П., Комлик В.И. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЦЕМЕНТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ.** Установлена возможность повышения тепловыделения композиционного вяжущего с содержанием золы-уноса не менее 50%, модифицированного молотым негашеной известью. Определены оптимальное содержание молотой негашеной извести в составе энергоэффективного композиционного цемента по критериям максимального тепловыделения и прочности. **Ключевые слова:** энергоэффективность, композиционные цементы, известь, зола-унос, тепловыделение, прочность.

УДК 693.61

**Терновий В. І.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури,  
(Повітрофлотський проспект, 31, Київ, 03680, Україна; e-mail: [tbv\\_knuba@ukr.net](mailto:tbv_knuba@ukr.net))*

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШТУКАТУРКИ ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ВЛАШТУВАННЯ

Наведено експериментальні дослідження залежності фізико-механічних показників запропонованої реставраційної санаційної штукатурки від технологічних чинників в разі її влаштування на цегляних муруваннях.

**Ключові слова:** сануюча штукатурка, вапняно-перлітова суміш, технології влаштування, фізико-механічні показники.