



# BUILDING • MATERIALS AND PRODUCTS •

# БУДІВЕЛЬНІ

## МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

№1-2 (103)

2023

## ЗМІСТ / CONTENT

## Засновник

ДП «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ»

Свідотство про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації Міністерство юстиції України Серія КВ №25230 – 15170 ПР Від 12.08.2022 року

Наказом Міністерства освіти і науки України від 16.05.2016 року Протокол №515 журнал затверджен як фахове видання, публікації в якому зараховуються за темою дисертації на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії.

Матеріали розглянуті на засіданні Вченої ради ДП «НДІБМВ», схвалені та рекомендовані до опублікування. Протокол №3 від 17.10.2023 року.

*Редакція не несе відповідальності за зміст реклами і оголошень. Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за достовірність наведених свідчень, точність даних згідно літератури, що цитується і відсутність у статтях даних, що не підлягають відкритій публікації. Редакція може публікувати статті у порядку обговорення, не розділяючи точку зору авторів.*

## Адреса редакції:

вул. Костянтинівська, 68, оф. 322,  
м. Київ-80, 04080, Україна  
тел.: +38 (044) 425 56 32

[ndibmv@ukr.net](mailto:ndibmv@ukr.net)

Підписано до друку 21.11.2023 р.

Тираж 1000 примірників

Надруковано ТОВ "Кижкова майстерня"  
ТОВ "Кижкова майстерня"  
вул. Михайла Максимовича, 2,  
м. Київ, 03022.

## Редактор:

Сучкова Олена

Дизайн та верстка:

Чумакова Ольга

ДП «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів» — 95 років!

Лаповська С. Д., Черняк Л. П.

Історія досягнень і майбутнє науково-дослідного інституту будівельних матеріалів та виробів.....4

## В'язучі, бетони та добавки / Binders, concrete and additives

Дворкін Л. Й., Бордюженко О. М., Макаренко Р. М.

ВЛАСТИВОСТІ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ БЕТОНІВ ІЗ ДОБАВКОЮ ПОЛІМЕРУ .....10

Leonid Dvorkin, Oleh Bordiuzhenko, Ruslan Makarenko  
PROPERTIES OF FINE-GRAINED SELF-COMPACTING CONCRETE WITH POLYMER ADDITIVE .....10

Дорогань Н. О., Черняк Л. П.

КОМПЛЕКСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛІНКЕРУ .....14

Nataliia Dorogan, Lev Chernyak  
COMPLEX APPLICATION OF MAN-MADE RAW MATERIALS FOR THE MANUFACTURE OF CEMENT CLINKER .....14

Дерев'янюк В. М., Гришко Г. М., Дубов Т. М.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ЕТРИНГІТОВОЇ ФАЗИ.....18

Derevianko Viktor, Hryshko Hanna, Dubov Taras

ETRINGITE PHASE STABILIZATION .....18

Пушкарьова К. К., Терещенко Л. В.

ОЦІНКА ВПЛИВУ НАНОКАРБОНАТНИХ ДОБАВОК НА ЗДАТНІСТЬ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ ДО САМООЧИЩЕННЯ .....26

Kateryna Pushkarova, Larysa Tereshchenko  
ASSESSMENT OF THE EFFECT OF NANOCARBONATE ADDITIVES ON SELF-CLEANING CAPACITY OF CEMENT SYSTEMS .....26

Каверин К. О., Анопко Д. В., Левківський Д. В.

СУЧАСНІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ ЕФІРІВ ПОЛІКАРБОКСИЛАТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ .....30

Kostiantyn Kaverin, Dmytro Anopko, Dmytro Levkivskyi  
MODERN HIGH-TECH CONCRETES BASED ON POLYCARBOXYLATE ESTERS FOR THE PROTECTION OF ENERGY FACILITIES IN UKRAINE .....30

Троян В. В., Кіндрась Б. П.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ, ЗДАТНИХ ДО САМОУЩІЛЬНЕННЯ .....34

Vyacheslav Troyan, Bogdan Kindras  
MODELING THE CRACK-RESISTANCE OF HIGH-STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETE.....34

## Легкі та ніздрюваті бетони / Lightweight cellular concrete

Лаповська С. Д., Демченко Т. М., Конопля М. С.

ВПЛИВИ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ ГІДРОФОБІЗУЮЧИХ ДОБАВОК НА ДОВГОВІЧНІСТЬ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ .....40

Svitlana Lapovska, Tatiana Demchenko, Mykola Konoplya  
EFFECTS OF SILICONE HYDROPHOBIC ADDITIVES ON THE DURABILITY OF AUTOCLAVED CELLULAR CONCRETE AND THE AERATED AUTOCLAVED CONCRETE QUALITY .....40

<b>Лаповська С. Д., Черненко М.В., Конопля М. С.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА .....	44
<b>Svitlana Lapovska, Mykola Chernenko, Mykola Konoplya</b> RESEARCH OF THE PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE FOR CONSTRUCTION .....	44
<b>Дерев'яні будівельні конструкції / Wooden constructions</b>	
<b>Цапко Ю. В., Бондаренко О. П., Цапко О. Ю., Жеребчук Д. С.</b> ВСТАНОВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ КОМПОЗИЦІЄЮ НА ОСНОВІ ПОЛІФОСФАТУ АМОНІЮ .....	48
<b>Yu. Tsapko, O. Bondarenko, Yu. Tsapko, D. Zerebchuk</b> DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION OF WOOD BY A COMPOSITION BASED ON AMMONIUM POLYPHOSPHATE .....	48
<b>Методи досліджень / Management structure</b>	
<b>Корнило І. М., Ткачук В. С.</b> ОРГАНІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ В ПРОЕКТУВАННІ І БУДІВНИЦТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ .....	54
<b>Iryna Korniylo, Vladyslav Tkachuk</b> ORGANIZATIONAL SYSTEM FOR FORECASTING INDICATORS IN DESIGN AND CONSTRUCTION USING MATHEMATICAL MODELS .....	54
<b>Корнило І. М., Гнип О. П.</b> СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ВИКОРИСТАННЯ ВЕКТОРІВ І МАТРИЦЬ ПРИ УПРАВЛІННІ БУДІВНИЦТВОМ .....	56
<b>Iryna Korniylo, Olga Gnyup</b> SYSTEMATIC APPROACH OF USING VECTORS AND MATRICES IN CONSTRUCTION MANAGEMENT .....	56
<b>Маркетинг / Marketing</b>	
<b>Огороднік І. В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАРКЕТИНГУ НА РИНКУ НЕРУХОМОСТІ .....	60
<b>Iryna Ogorodnyk,</b> STUDY OF MARKETING FEATURES ON THE REAL ESTATE MARKET .....	60
<b>Рокицька А. В., Огороднік І. В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОРГІВЛІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ.....	63
<b>Anna Rokytska, Iryna Ogorodnyk</b> ADVANCED FEATURES AND DEVELOPMENT ELECTRONIC COMMERCE IN THE MINDS OF UKRAINE.....	63



Колектив ДП "Український науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ»

## Шановні колеги, партнери, друзі, працівники будівельної галузі! Сьогодні Ви вітаєте нас із знаменною датою — 95-річчям ДП «НДІБМВ»!

Розвиток будівельної галузі — один із головних індикаторів розвитку економіки країни, а об'єкти, які створюють будівельники, формують її вигляд.

У цю святкову дату ми обіцяємо Вам не зупинятися на досягнутому.

Наш інститут і надалі буде успішно здійснювати впровадження новітніх технологій виробництва будівельних матеріалів.

Сьогодні перед нами, як і перед всім українським суспільством, постають виклики, які потребують ефективних рішень для відновлення країни, щоб робити власний внесок у спільну відбудову країни та наблизити Перемогу.

І нехай наші нові досягнення у вітчизняній будівельній галузі стануть цьому запорукою.



**Chairman of the Editorial Board  
(Editor in chief)**

**Lapovska S. D. —**

DrSc(Eng), Deputy Director for Scientific Research of the Research Institute of Building Materials and Products, Professor of building materials of the Kyiv National University of Construction and Architecture;

**Голова редакційної ради  
(Головний редактор)**

**Лаповська С. Д. —**

д.т.н., заступник директора з наукової роботи, ДП «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів», професор кафедри будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури

**Members of the Editorial Board:**

**Gotz V. I. —**

DrSc(Eng), Professor, Dean of the Faculty of Construction and Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, Laureate of the Ukrainian State Prize in Science and Technology;

**Dvorkin L. I. —**

DrSc(Eng), Professor, Head of the Department of Building Products Technology and Materials Science, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne;

**Kulikov P. M. —**

Doctor of Economics, Professor, Rector of the Kyiv National University of Construction and Architecture, the Honored Worker of Education of Ukraine, laureate of the Ukrainian State Prize in Science and Technology;

**Lisachuk G.V. —**

DrSc(Eng), Professor, National Technical University of Ukraine «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv;

**Petrovsky V. Y. —**

DrSc(Eng), Professor, senior scientific researcher of the Laboratory of innovative technologies and energy saving of the Research Institute of Building Materials and Products;

**Runova R. F. —**

DrSc(Eng), Professor of the Kyiv National University of Construction and Architecture, laureate of the Ukrainian State Prize in Science and Technology;

**Sanytsky M. A. —**

DrSc(Eng), Professor, Head of the Building production department of the National University «Lvivska Polytechnica», Lviv, Laureate of the Ukrainian State Prize in Science and Technology;

**Swidersky V. A. —**

DrSc(Eng), Professor, Head of the Chemical technology of composite materials department of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Laureate of the Ukrainian State Prize in Science and Technology;

**Serdiuk V. R. —**

DrSc(Eng), Professor, Dean of the Advanced training faculty of the Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa;

**Fisher H.-B. —**

Dr.-Ing., Professor, of the Building Materials department of the F.A.Finger Institute of Building materials of the Weimar University «Bauhaus», Weimar, Germany;

**Fic Stanislaw —**

Dr.-hab. inż., professor, head of Department of Construction, Faculty of Civil Engineering and Architecture Lublin University of Technology, Lublin, Poland;

**Chervyakov Y. M. —**

DrSc(Eng), Deputy Director for Scientific Research of the Research Institute of Building Materials and Products, Kyiv;

**Cherniak L. P. —**

Doctor of Engineering, Professor, senior scientific researcher of the Research Laboratory for physico-chemical studies and construction ceramics of the Research Institute of construction production.

**Члени редакційної ради:**

**Гоц В.І. —**

д.т.н., професор, декан будівельно-технологічного факультету, Київський національний університету будівництва та архітектури, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

**Дворкін Л.І. —**

д.т.н., професор, зав. кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства, Національний університет водного господарства та природознавства, м. Рівне;

**Куліков П. М. —**

д.е.н., професор, ректор Київського національного університету будівництва та архітектури, заслужений працівник освіти України, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

**Лісачук Г. В. —**

д.т.н., професор, Національний технічний університет України "Харківський політехнічний інститут", м.Харків

**Петровський В. Я. —**

д.т.н., професор, головний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії інноваційних технологій та енергозбереження ДП «НДІБМВ»;

**Рунова Р. Ф. —**

д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

**Саницький М. А. —**

д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельного виробництва Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

**Свідерський В. А. —**

д.т.н., професор, завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

**Сердюк В. Р. —**

д.т.н., професор, декан факультету підвищення кваліфікації Вінницького державного технічного університету, м. Вінниця;

**Фішер Х.-Б. —**

д-р — інж. кафедри «Будівельні матеріали» Інституту будівельних матеріалів ім. Ф.А.Фінгера Веймарського університету «Баухаус», м. Веймар, Німеччина;

**Фіц Станіслав —**

д-р габ. інж., професор, завідувач кафедри загального будівництва, Факультет будівництва та архітектури, Люблінський технологічний університет, м. Люблін, Польща;

**Червяков Ю. М. —**

к.т.н., заступник директора з наукової роботи, ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ;

**Черняк Л. П. —**

д.т.н., професор, головний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії фізико-хімічних досліджень та будівельної кераміки, ДП «НДІБМВ».





Дерев'янюк В. М.



Гришко Г. М.



Дубов Т. М.

**Дерев'янюк В. М.**, д. т. н., професор,  
Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій,  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул.  
Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна  
✉ viktorderevianko2017@gmail.com ☎ +38 (067) 490 13 99,  
ORCID ID: 0000-0002-9733-9558

**Гришко Г. М.**, к. т. н., доцент,  
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна,  
✉ hryshko.h.m@dsau.dp.ua ☎ +38 (098) 950 48 81  
ORCID ID: 0009-0002-3872-6555

**Дубов Т. М.**, к. т. н., доцент,  
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна,  
✉ dubov.t.m@dsau.dp.ua ☎ +38 (068) 766 25 37  
ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

**Viktor Derevianko**, Dr. Sc. (Tech.), Professor,  
Department of Technology of Construction Materials, Products and De-  
signs, Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architec-  
ture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine  
✉ viktorderevianko2017@gmail.com ☎ +38 (067) 490 13 99,  
ORCID ID: 0000-0002-9733-9558

**Hanna Hryshko**, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Professor,  
Department of Civil Engineering, Construction Technologies and Environ-  
mental Protection, Dnipro State Agrarian-Economic University, 25 Serhii  
Efremov St., 49600, Dnipro, Ukraine  
✉ hryshko.h.m@dsau.dp.ua ☎ +38 (098) 950 48 81  
ORCID ID: 0009-0002-3872-6555

**Taras Dubov**, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Professor,  
Department of Civil Engineering, Construction Technologies and Environ-  
mental Protection, Dnipro State Agrarian-Economic University, 25 Serhii  
Efremov St., 49600, Dnipro, Ukraine,  
✉ dubov.t.m@dsau.dp.ua ☎ +38 (068) 766 25 37  
ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

## СТАБІЛІЗАЦІЯ ЕТРИНГІТОВОЇ ФАЗИ

### ETRINGITE PHASE STABILIZATION

**Анотація.** Вперше встановлено послідовність процесу формування вторинного еtringіту і механізм впливу на структуру і властивості затверділої композиції. Подальшого розвитку набули теоретичне узагальнення стабілізації еtringітової фази, що обумовлюють формування структури та фізико-механічні властивості, їх взаємозв'язок із складом початкових матеріалів і технологічним процесом отримання виробів. Теоретично встановлено і експериментально підтверджено оптимальний вміст сульфату кальцію (в межах 30-40% від маси композиції) позитивно впливаючого на кількість утворення еtringіту.

**Ключові слова:** композиційне в'язуче, модифікація, еtringіт, стабілізація еtringітової фази, алюмінатні цементи, сульфоалюмінатні цементи.

**Abstract.** For the first time, sequence of the secondary ettringite formation process and the mechanism of influence on the structure and properties of the hardened composition were established. Theoretical generalization of the ettringite phase stabilization, which determines formation of the structure and physical and mechanical properties, as well as their relationship with composition of the initial materials and the technological process of obtaining products, has gained further development. The optimal content of calcium sulfate (within 30-40% of the composition mass) (which has a positive effect on the amount of ettringite formation) has been theoretically determined and experimentally confirmed.

**Key words:** composite binder, modification, ettringite, ettringite phase stabilization, aluminate cements, sulfoaluminate cements.

#### Актуальність проблеми

Важливим напрямом будівельного матеріалознавства є розробка розчинів спеціального призначення на основі композиційних в'язучих речовин. Такі розчини застосовуються для надання поверхням особливих властивостей, обумовлених умовами їх роботи: вогне- і жаростійкі, водонепроникні, радіаційнозахисні, ін'єкційні, тампонажні та інші. Властивості таких розчинів визначаються їх складом та технологією виробництва і одним із основних компонентів є мінеральні в'язучі речовини [1–2].

Створення нових різновидів цементів загально-будівельного та спеціального призначення – один з основних напрямів сучасних розробок в технології виробництва в'язучих речовин. У групі спеціальних цементів особливе місце займають глиноземисті, сульфоалюмінатні та інші. Основні пошукові роботи під

час розробки таких цементів здійснюють у напрямі створення нових композицій із заміною дефіцитних компонентів. За такого речовинного складу вартість композицій з властивостями глиноземистих цементів незначно перевищує рядові, але їх застосування покращує експлуатаційні характеристики виробів.

Узагальнивши нагромаджений досвід, зазначаємо, що нові ефективні композиції на основі глиноземистого цементу, гіпсу та відходів виробництва є досить ефективними в економічному і технічному плані [2–3]. Але недоліками таких композиційних в'язучих речовин є нестабільність еtringітової фази, отриманої в процесі гідратації алюмінатів і сульфатів. Слід відзначити, що проблема стабільності складової еtringіта присутня і в виробках на основі портландцементу.

Вирішення проблеми можливе використанням сучасних технологій – модифікуванням сульфоалюмінатів кальцію. Це дасть змогу цілеспрямовано регулювати швидкість його гідратації та узгодити в часі процес структуроутворення і підвищити стабільність еtringітової фази (основної складової цементного каменю). Тому актуальними з погляду теорії і практики є дослідження, спрямовані на вивчення впливу добавок різної природи на гідратаційну активність системи  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$  і здатність регулювати напруження та інші властивості затверділої структури.

#### Мета досліджень

Встановити фактори впливу на стабільність еtringіту в процесі гідратації системи  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$ .

#### Аналіз літератури

Аналіз проведених досліджень в області бетонознавства підтверджує, що вирішення проблеми ціленаправленого управління структурою та властивостями твердіючої композиційної системи на основі мінералу  $\text{C}_3\text{A}$ , а також глиноземистого цементу та гіпсу можна досягти шляхом створення багаторівневої структури композитів [4–6].

При гідратації алюмінатних цементів в присутності гіпсу систему хімічних реакцій  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$  можна розділити на дві системи:

а)  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ ; б)  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O-CaSO}_4$

В результаті утворюється по другій частині ТГСАК і МГСАК, а по першій  $\text{C}_3\text{AH}_6$ ,  $\text{CAH}_{10}$ ,  $\text{C}_2\text{AH}_8$ ,  $\text{C}_4\text{AH}_{13}$ ,  $\text{Ca}_2(\text{OH})_2$ . По першій і другій частині є процес утворення  $\text{Al}_2(\text{OH})_3$ .

На другому етапі, особливо після тужавлення спостерігається перехід гідроалюмінатів (крім  $\text{C}_2\text{AH}_8$ ) в гідросульфоалюмінати, що і приводить до впливу на величину зміни об'єму в системі.

Процеси, утворення еtringітової фази пов'язані з ущільненням структури та збільшенням міцності цементного каменю. Далі, уже в затверділій системі, внаслідок взаємодії еtringіту з безводними алюмінатами кальцію відбувається утворення моносльфатної форми ГСАК, що викликає внутрішні напруження та руйнування цементного каменю.

В системі  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$  процес гідратації більш складний. По-перше відбувається формування первинної структури та одночасне формування гідроалюмінатів і гідросульфоалюмінатів ТГСАК і МГСАК,  $\text{CAH}_3$ .

По-друге, результатами взаємодії гідроалюмінатів з сульфатами кальцію, є формування вторинних мінералів — ТГСАК і МГСАК. Процес утворення вторинних мінералів впливає на зміну структури та визначає основні фізико-механічні властивості, внутрішні напруження та розширення. Проблема, що потребує рішення на даному

етапі — установлення співвідношення утворення на першому етапі  $\text{C}_3\text{AmH}_x$  і ТГСАК, МГСАК та визначення поверхні формування. Вирішення цієї проблеми дає змогу визначити протікання фізико-хімічних процесів системи в часі [7–9].

Стабільність еtringіта необхідна при використанні ПЦ, САЦ, композиційних в'язучих речовин на основі глиноземистого цементу та гіпсу, а також при модифікації гіпсових в'язучих речовин глиноземистим цементом.

Останній варіант є досить малодослідженим напрямом в зв'язку з енерговитратами на виробництво і придання спеціальних властивостей за рахунок формування еtringіту [10–12].

#### Основний матеріал і результати

На основі аналізу літературних даних розроблено методологію проведення досліджень. Вона базується на гіпотетичному методі і включає наступне: в методології проведення досліджень передбачено визначення факторів впливу і залежність стабільності еtringіту від них. Методика досліджень базувалась на використанні рентгенофазового, диференційно-термічного і електронно-мікроскопічного аналізу, а також визначенні основних властивостей затверділих розчинів.

У зв'язку з тим, що виробництво сульфоалюмінатних цементів, через відсутність бокситів в Україні відсутнє запропоновано гіпотезу виробництва композиції сульфоалюмінатних цементів системи  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$  на основі глиноземистого цементу і гіпсових в'язучих речовин. Згідно методології досліджень, проведено визначення основних властивостей сировинних матеріалів ГЦ-400 турецького і польського виробників і гіпсових в'язучих речовин по методикам ДСТУ.

Методика досліджень полягала в дослідженні чистого мінералу  $\text{C}_3\text{A}$  (табл. 1) та штучним утворенням еtringіту шляхом модифікування напівводного гіпсу спочатку мінералом  $\text{C}_3\text{A}$ , потім — глиноземистим цементом. При цьому визначалась оптимальна кількість модифікатора для підвищення фізико-механічних властивостей, а також впливу мінералогічного складу модифікованого в'язучого на процес гідратації.

В дослідженнях для створення композиційних в'язучих матеріалів з метою стабілізації еtringітової фази було використано напівводяний гіпс марки Г-5, якісні показники якого відповідають ДСТУ Б В.2.7-82:2010. Визначення нормальної густини (НГ) гіпсового тіста приведено в таблиці 2. Основні фізико-механічні властивості приведені в таблиці 3.

Початок тужавлення гіпсового тіста — 7 хв 45 сек. Кінець тужавлення гіпсового тіста — 14 хв 5сек.

В таблиці 4 приведена межа міцності на стиск гіпсового в'язучого.

Таблиця 1.

Хімічний склад мінералу  $\text{C}_3\text{A}$

Вміст оксидів, мас. %					
$\text{Al}_2\text{O}_3$	CaO	св. CaO	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	п.п.п
37,36	61,80	0,38	сл.	сл.	0,28

Таблиця 2.

Визначення НГ гіпсового тіста

№ п/п	Маса гіпсу, г	Маса води, мл	В/Г	Разплив тіста, мм
1	300	168	0,56	215
2	300	153	0,51	175
3	300	156	0,52	180
4	300	159	0,53	190

## Основні фізико-механічні властивості напівводняний гіпс марки Г-5

№	Найменування показників	Показники якості	Випробовування
1	Міцність на стиск/згин, МПа	5,0/2,5	Відповідає
2	Масова частка нерозчинних в соляній кислоті речовин, %, не більше	0,05	0,05
3	Масова частка кислоти H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , %, не більше	0,02	0,02
4	Масова частка заліза, %, не більше	0,01	0,01
5	Масова частка важких металів, %, не більше	0,001	0,001
6	Масова частка важких металів, %, не більше	0,002	0,002
7	Тонина помелу, %, не більше	4,4	відповідає

Таблиця 4.

## Межа міцності на стиск гіпсового в'язучого без добавки

№ п/п	Розмір зразка, см						m, г	ρ, кг/м <sup>3</sup>	R <sub>ст1</sub> , МПа	R <sub>ст2</sub> , МПа	R <sub>ст заг.</sub> , МПа	R <sub>виг</sub> , МПа
	Верхньої грані		Нижньої грані									
1	16,0	4,0	4,0	16,0	4,0	4,0	444	1756	4,0	4,1	4,1	3,5
2	16,0	4,0	4,0	16,0	4,0	4,0	462	1805	3,7	3,6	3,7	4,0
3	16,0	4,0	3,9	16,0	4,0	3,9	447	1791	3,6	3,5	3,5	3,9
4	15,9	4,0	4,1	15,9	4,0	4,1	456	1749			<b>R<sub>ст ср</sub></b>	<b>R<sub>виг ср</sub></b>
5	15,9	4,0	4,1	15,9	4,0	4,1	456	1749			3,8	3,8
6	16,1	4,0	4,0	16,1	4,0	4,0	452	1755				

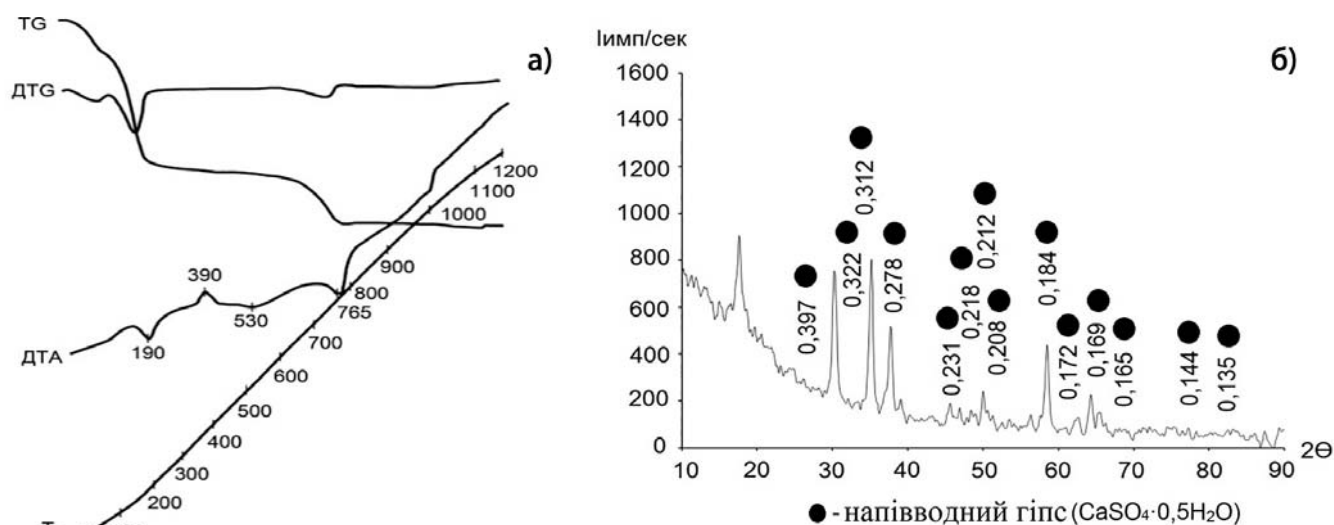


Рис. 1. Криві ДТА (а) та рентгенівська дифрактограма (б) гіпсу Г-5-II

Криві ДТА (а) та рентгенівська дифрактограма (б) гіпсу Г-5-II приведені на рис.1.

Мінеральний склад напівводного гіпсу представлений напівводняним гіпсом ( $d/n=0,397; 0,322; 0,312; 0,278; 0,231; 0,218; 0,212; 0,184; 0,172; 0,169; 0,165; 0,144; 0,135$ ).

Рітвельдівська діаграма твердіння гіпсу приведена на рисунку 2.

Кількісний рентенофазовий аналіз за методом Рітвельда приведений в таблиці 5.

Для отримання етрингіту проведені дослідження на основі композиційної суміші гіпс+глиноземистий цемент з реалізацією композиційної в'язучої речовини з максимальним вмістом хімічно зв'язаної води. Молекулярна маса — 233,4 г/моль.  $\rho = 4,5$  г/см<sup>3</sup>.

Цементна матриця відіграє головну роль при формуванні структури будівельних композитів та міцних властивостей. В процесі проведення досліджень в якості вихідної в'язучої речовини було використано глиноземистий цемент ГЦ-400, ГЦ-500. Хімічний склад глиноземистого клінкеру представлений в табл. 6.

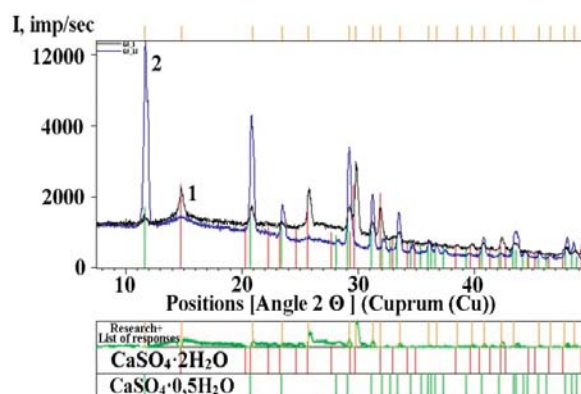


Рис. 2 Рітвельдівська діаграма твердіння в часі гіпсу Г-5: 1 – після 1 циклу; 2 – після 18 циклів

До основних фізико-механічних властивостей глиноземистих цементів, згідно з ДСТУ Б В 2.7-46:2010, належать: тони́на помелу, терміни тужавлення та міцні властивості. Відповідно до ДСТУ були досліджені вищезгадані основні характеристики (табл. 7-8).

Криві ДТА (а) та рентгенівська дифрактограма (б) глиноземистого цементу ГЦ-500 приведені на рисунку 3.

Мінеральний склад глиноземистого цементу представлений мональбітом ( $d/n=0,275; 0,243; 0,229; 0,213; 0,204; 0,1988; 0,1893; 0,1727; 0,1574; 0,1490; 0,1455$ ).

Проведені дослідження гідратації чистого мінералу СзА при утворенні гідроалюмінату шестиводного ( $C_3AH_6$ ) показують, що в процесі експлуатації при зміні вологості Кр знижується, а це один із факторів, що при наявності сульфатів веде до утворення етрингіту

Для розробки складів композиційних сульфо-алюмінатних цементів на основі глиноземистого цементу і

гіпсу використовували методи планування експериментів (симплекс-градчатий і ПФС 2n) і на основі результатів дослідження визначені співвідношення основних компонентів.

Розрахунок сировинної суміші СзА та вода проводиться виходячи з рівняння:

$$162 \text{ г/моль} + 108 \text{ г/моль} = 270 \text{ г/моль}$$

$$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

$$150\text{г}$$

Молярні маси:

$$m(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3) = 162 \text{ г/моль};$$

$$m(6 \text{ H}_2\text{O}) = 108 \text{ г/моль};$$

$$m(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 270 \text{ г/моль}.$$

$$1. X_{C_3A} = (150\cdot 270)/162 = 250\text{г}.$$

$$2. X_{H_2O} = (108\cdot 250)/270 = 100 \text{ мл}.$$

$$150 + 100 = 250\text{г}.$$

$$B/T = 0,4.$$

Таблиця 5.

Кількісний рентгенофазовий аналіз за методом Рітвельда

Цикли процесу твердіння	CaSO <sub>4</sub> ·0,5H <sub>2</sub> O	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	CaSO <sub>4</sub>	Домішки
Мінералогічний склад після 1 циклу твердіння напівводного гіпсу, крива 1	24	67	4	5
Мінералогічний склад після 18 циклу твердіння напівводного гіпсу, крива 2	5	86	4	5

Таблиця 6.

Хімічний склад глиноземистого клінкеру ГЦ-400

Вміст оксидів, мас. %			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
50	35	10	5

Таблиця 7.

Результати визначення НГ цементного тіста (Глиноземний цемент)

№ п/п	Маса цементу, г	Маса води, мл	В/Ц	Глибина занурення товлкачика, мм
1	400	160	0,4	40
2	400	120	0,3	25
3	350	115,5	0,33	33
4	350	112	0,32	23
5	350	108,5	0,31	25
6	350	122,5	0,35	40
7	350	119	0,34	40

Таблиця 8.

Результати визначення фізико-механічних властивостей глиноземистого цементу

Глиноземистий цемент Спит, м <sup>2</sup> /кг	А008, %	НГТ, %	Терміни тужавлення, год-хв		Границя міцності при стиску, МПа, у віці, діб		
			початок	кінець	1	3	28
398	92	33	60 хв 56сек	12 годин 5 хв 10сек	30,52	36,41	41,23

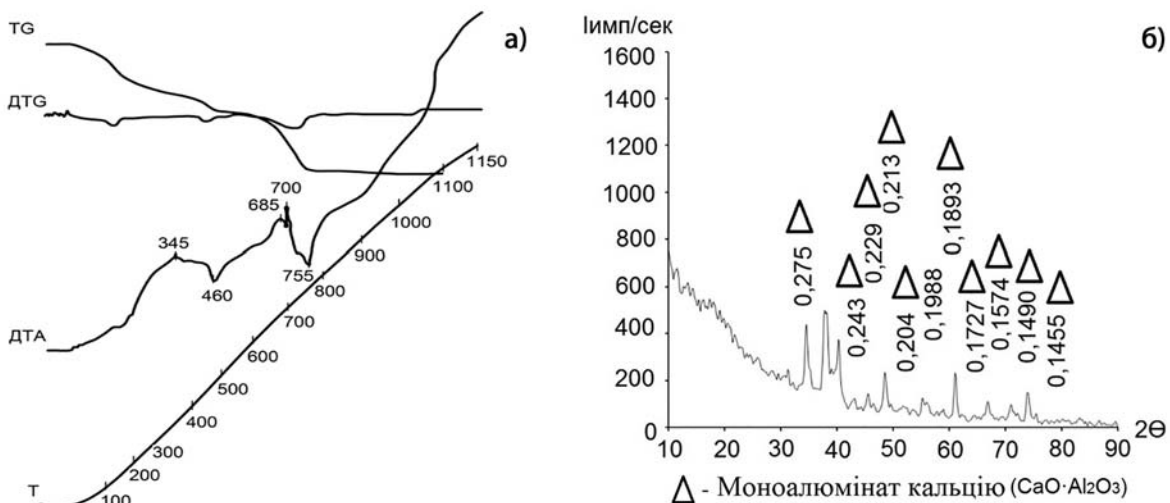


Рис. 3. Криві ДТА (а) та рентгенівська дифрактограма (б) глиноземистого цементу ГЦ-500

На основі розрахунку приготували суміш мінералу  $C_3A$  та води.

В таблиці 9 приведена межа міцності на стиск мінералу  $C_3AH_6$ .

Визначаємо залежність  $K_p$  від середовища зі змінною вологістю зразків мінералу  $C_3AH_6$  (рис.4).

Визначаємо зміну температури, pH, та об'ємних деформацій процесу гідратації в часі мінералу  $C_3AH_6$  (рис. 5).

Дослідний зразок мінералу  $C_3AH_6$  має фіолетовий колір.

Стабілізацію штучного еtringіту визначали по результатам топонімічних реакцій переходу системи з макро- в мікро- та наносистему при зміні часу, проводячи дослідження через 7, 14 та 28 діб.

Розрахунок сировинної суміші для отримання еtringіту проводився виходячи з рівняння:

$$270 \text{ г/моль} + 516 \text{ г/моль} + 468 \text{ г/моль} = 1254 \text{ г/моль}$$



50г

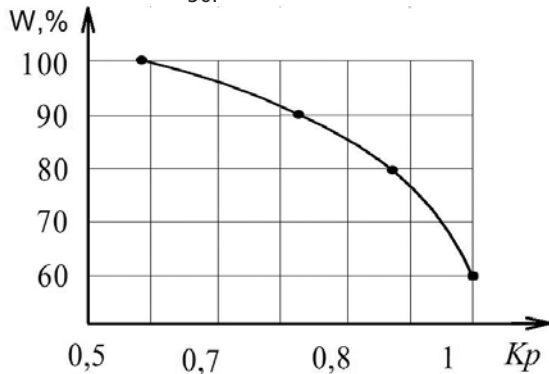


Рис. 4. Графік залежності  $K_p$  від середовища зі змінною вологістю зразків мінералу  $C_3AH_6$

Молярна маса еtringіту:  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ .

$$m(3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O) = 270 \text{ г/моль};$$

$$m(3CaSO_4 \cdot 2H_2O) = 516 \text{ г/моль};$$

$$m(26 H_2O) = 468 \text{ г/моль};$$

$$m(3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O) = 1254 \text{ г/моль}.$$

$$1. X_{C_3A} = (50 \cdot 1254) / 270 = 232 \text{ г}.$$

$$2. X_{3CaSO_4 \cdot 2H_2O} = (232 \cdot 516) / 1254 = 95,4 \text{ г}.$$

$$3. X_{26 H_2O} = (468 \cdot 232) / 1254 = 86,5 \text{ г}.$$

$$50 + 95,4 + 86,5 = 232 \text{ г}.$$

$$C_3A + \text{гіпс} + \text{вода} = \text{етрингіт}.$$

Кількість фактично введеної води складає 72 мл.

На основі розрахунку приготували суміш мінералу  $C_3A$  та двухводного гіпсу ( $C_3AS_3H_{32}$ ). В таблиці 10 приведена межа міцності на стиск мінералу  $C_3AS_3H_{32}$ .

Визначаємо вплив зміни вологості на процеси гідратації та міцність зразків мінералу  $C_3AS_3H_{32}$  (рис.6).

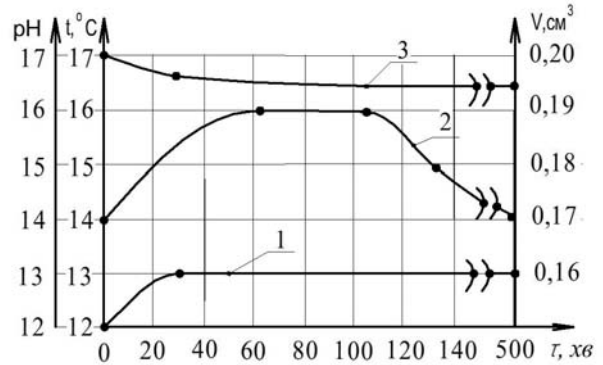


Рис. 5. Графіки залежностей:

1 — pH процесу гідратації в часі мінералу  $C_3AH_6$ ;

2 — температури процесу гідратації в часі мінералу  $C_3AH_6$ ;

3 — об'ємних деформацій системи в процесі гідратації в часі мінералу  $C_3AH_6$

Таблиця 9.

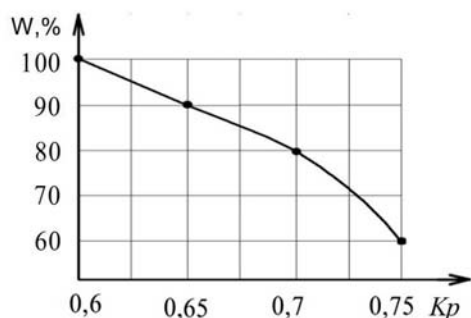
Межа міцності на стиск мінералу  $C_3AH_6$

№ п/п	Розмір зразка, мм					mсух, г	ρ, кг/м³	m вол, г	W, %	Rст сух., МПа	Rст нас., МПа	Kp	
	Верхньої грані		Нижньої грані										
1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	16,0	2000	17,0	6,3			
2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	16,0	2000	17,0	6,3	6,85	0,59	
3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	16,0	2000	17,0	6,3			
4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	16,0	2000	17,0	6,3	6,85	0,59	
5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1750	15,0	7,1			
6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1875	16,0	6,7		4,03	
7	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1875	16,0	6,7			
8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	13,0	1625	14,0	7,7		4,03	
9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	13,0	1625	14,0	7,7		4,03	
10	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1875	16,0	6,7	6,87	0,59	
11	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1750	15,0	7,1	6,87		
12	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1875	16,0	6,7			
								<b>1854</b>		<b>6,78</b>	<b>6,86</b>	<b>4,03</b>	<b>0,59</b>



Межа міцності на стиск мінералу  $C_3AS_3H_{32}$ 

№ п/п	Розмір зразка, мм						m сух, г	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	m вол, г	W, %	Rст сух., МПа	Rст нас., МПа	Kp
	Верхньої грані			Нижньої грані									
1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1875	16,0	6,7			
2	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	16,0	2216	17,0	6,3	8,94	4,91	0,55
3	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	13,0	1895	14,0	7,7			
4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0	2187	16,0	6,7			
5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	13,0	1895	14,0	7,7			
6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0	2187	16,0	6,7	7,15	4,47	0,63
7	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0	2187	16,0	6,7			
8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0	2187	16,0	6,7			
9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	16,0	2333	17,0	6,3	8,04	4,47	0,56
10	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0	2187	16,0	6,7			
11	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	16,0	2333	17,0	6,3			
12	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0	2187	16,0	6,7	10,50	7,15	0,68
								<b>2139</b>		<b>6,73</b>	<b>8,66</b>	<b>5,25</b>	<b>0,60</b>

Рис. 6. Графік залежності Kp від середовища зі змінною вологістю зразків мінералу  $C_3AS_3H_{32}$ 

Визначаємо зміну температури, рН, та об'ємних деформацій процесу гідратації в часі мінералу  $C_3AS_3H_{32}$  (рис. 7).

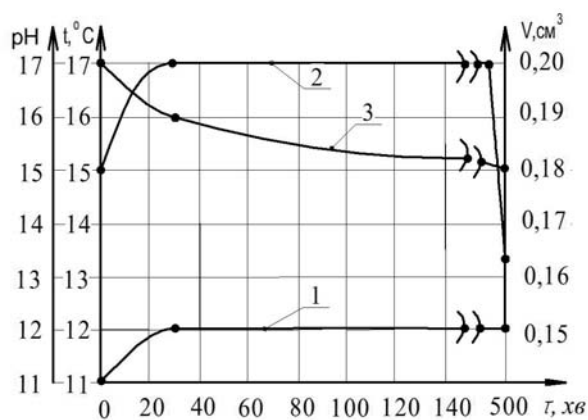


Рис. 7. Графіки зміни:

- 1 — рН процесу гідратації в часі мінералу  $C_3AS_3H_{32}$ ;
- 2 — температури процесу гідратації в часі мінералу  $C_3AS_3H_{32}$ ;
- 3 — об'ємних деформацій системи в процесі гідратації у часі мінералу  $C_3AS_3H_{32}$

Дослідний зразок суміші мінералу  $C_3AS_3H_{32}$  має темно-синій колір.

По вибраній методиці досліджень відбувалася модифікація напівводяного гіпсу глиноземистим цементом. Експериментальним шляхом встановлено оптимальну кількість модифікатора — 70 % глиноземистого цементу, яка необхідна для підвищення фізико-механічних властивостей, а також формування необхідного мінералогічного складу модифікованого в'язучого.

При гідратації модифікованих в'язучих речовин на основі глиноземистого цементу та гіпсу відбувається утворення еtringіта, який дав можливість сформувати необхідну структуру з основними фізико-механічними властивостями.

В таблиці 11 приведена межа міцності на стиск зразків, що містять 70 % ГЦ+30 % гіпсу.

Визначаємо вплив зміни вологості на процеси гідратації та міцність зразків, що містять 70 % ГЦ+30% гіпсу (рис. 8).

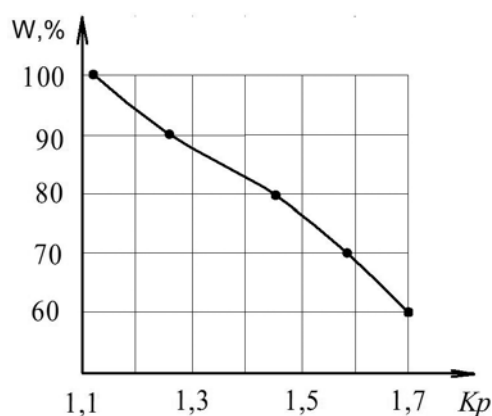


Рис. 8. Графік залежності Kp від середовища зі змінною вологістю зразків, що містять 70 % ГЦ+30% гіпсу

## Межа міцності на стиск зразків, що містять 70 % ГЦ+30% гіпсу

№ п/п	Розмір зразка, мм						m <sub>сух</sub> , г	ρ, кг/м <sup>3</sup>	m <sub>вол</sub> , г	W, %	R <sub>ст сух.</sub> , МПа	R <sub>ст нас.</sub> , МПа	K <sub>p</sub>
	Верхньої грані			Нижньої грані									
1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1750	15,0	7,1			
2	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1974	16,0	6,7		16,08	1,16
3	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	15,0	1974	16,0	6,7	13,85		
4	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	14,0	1842	15,0	7,1			
5	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	14,0	1842	15,0	7,1			
6	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	14,0	1842	15,0	7,1			
7	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	14,0	1842	15,0	7,1		16,53	1,19
8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1939	15,0	7,1	13,85		
9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1750	15,0	7,1			
10	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1842	15,0	7,1	16,08		1,00
11	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1750	15,0	7,1			
12	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0	1750	15,0	7,1		16,08	
								<b>1841</b>		<b>7,06</b>	<b>14,60</b>	<b>16,23</b>	<b>1,12</b>

Визначаємо зміну температури, рН та об'ємних деформацій процесу гідратації в часі зразків, що містять 70 % ГЦ+30% гіпсу (рис. 9).

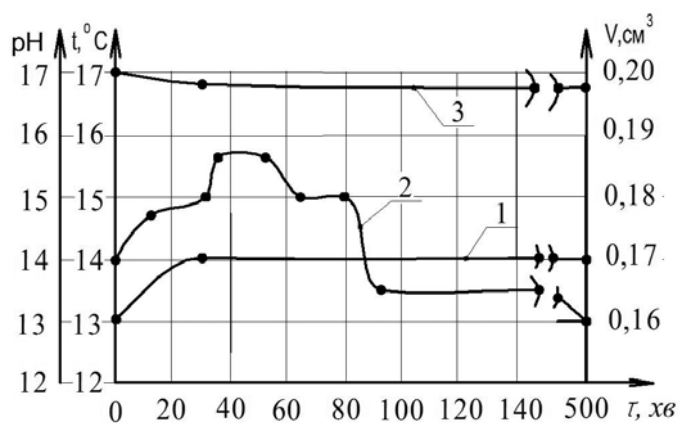


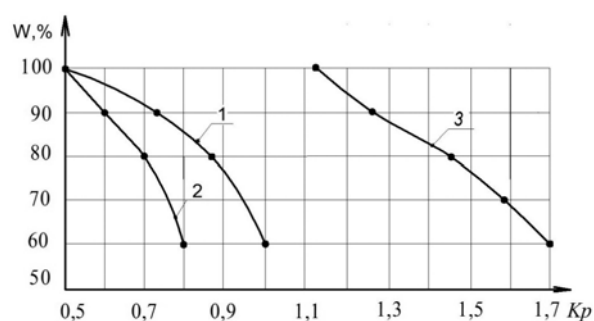
Рис. 9. Графіки зміни:

- 1 — рН процесу гідратації в часі зразків, що містять 70 % ГЦ + 30 % гіпсу;
- 2 — температури процесу гідратації в часі зразків, що містять 70 % ГЦ+30% гіпсу;
- 3 — об'ємних деформацій системи в процесі гідратації у часі зразків, що містять 70 % ГЦ + 30% гіпсу.

Дослідний зразок, що містять 70 % ГЦ+30% гіпсу має темно-синій колір, що переходить через 10 хвилин в фіолетовий.

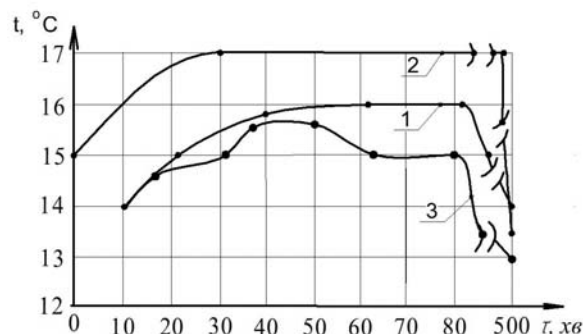
Визначаємо вплив зміни вологості на процеси гідратації та міцність зразків у часі що містять:

- 1) мінерал С<sub>3</sub>АН<sub>6</sub>;
- 2) мінерал С<sub>3</sub>АS<sub>3</sub>Н<sub>32</sub>;
- 3) 70 % ГЦ+30% гіпсу (рис.10).

Рис. 10. Графіки залежності K<sub>p</sub> від середовища зі змінною вологістю зразків у часі, що містять: 1) мінерал С<sub>3</sub>АН<sub>6</sub>; 2) мінерал С<sub>3</sub>АS<sub>3</sub>Н<sub>32</sub>; 3) 70 % ГЦ+30% гіпсу

Стабілізацію еtringітової фази досліджували на чистому мінералі С<sub>3</sub>А з додаванням води (С<sub>3</sub>АН<sub>6</sub>), штучно створеному еtringіті, який утворювали, відповідно до розрахунку з суміші мінералу С<sub>3</sub>А, двухводного гіпсу та води (С<sub>3</sub>АS<sub>3</sub>Н<sub>32</sub>) та на композиті 70 % ГЦ + 30 % гіпсу.

Визначаємо зміну температури процесу гідратації у часі зразків, що містять: 1) мінерал С<sub>3</sub>АН<sub>6</sub>; 2) мінерал С<sub>3</sub>АS<sub>3</sub>Н<sub>32</sub>; 3) 70 % ГЦ + 30 % гіпсу (рис.11).

Рис. 11. Графік зміни температури процесу гідратації у часі зразків, що містять: 1) мінерал С<sub>3</sub>АН<sub>6</sub>; 2) мінерал С<sub>3</sub>АS<sub>3</sub>Н<sub>32</sub>; 3) 70 % ГЦ+30% гіпсу

Визначаємо вплив зміни часу на величину рН зразків, що містять:

- 1) мінерал  $C_3AH_6$ ;
- 2) мінерал  $C_3AS_3H_32$ ;
- 3) 70 % ГЦ+30% гіпсу (рис.12).

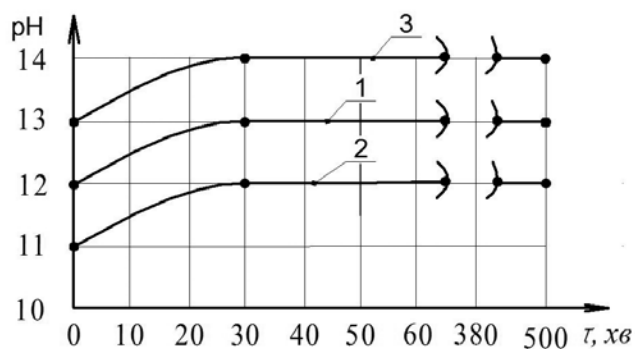


Рис. 12. Графік зміни рН процесу гідратації в часі зразків, що містять:

1) мінерал  $C_3AH_6$ , 2) мінерал  $C_3AS_3H_32$ ; 3) 70 % ГЦ+30% гіпсу

Визначаємо зміну лінійних деформацій в процесі гідратації зразків, у часі що містять:

- 1) мінерал  $C_3AH_6$ ,
- 2) мінерал  $C_3AS_3H_32$ ;
- 3) 70 % ГЦ + 30% гіпсу (рис.13).

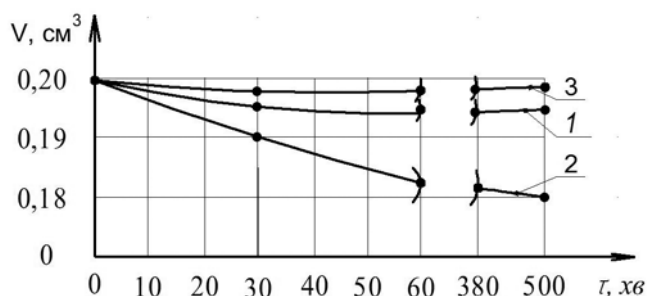


Рис. 13. Графік зміни лінійних деформацій системи в процесі гідратації у часі зразків, що містять:

1) мінерал  $C_3AH_6$ , 2) мінерал  $C_3AS_3H_32$ ; 3) 70 % ГЦ+30% гіпсу

Модифікування гіпсового в'язучого глиноземистим цементом дає можливість стабілізувати утворення еtringітової фази, збільшити водостійкість та зменшити лінійні деформації на 50 %.

Еtringіт з його витягнутими голчастими кристалами, забезпечує хороше армування структури цементного каменю; в процесі утворення еtringіту вплив надає значна кількість води і суттєво збільшується об'єм твердої фази, тим самим досягається зміцнення структури в перші терміни твердіння; еtringіт має більш високу стійкість в порівнянні з другими гідратами і менше підтвердженій фазовим перетворенням, що забезпечує стабільність структури твердіння; гель гідрооксида алюмінія сприяє зниженню внутрішніх напружень при рості кристалів за рахунок більш еластичних зв'язків з кристалами, в результаті чого структура твердіння зберігає високу міцність і цілісність. В процесі збільшення кількості кристалічних фаз; на основі  $АН_3$ , більше утворюються інші гідратні фази, в тому числі еtringіт.  $АН_3$  заповнює пори та капіляри, забезпечує високу щільність структури твердіння. Найбільш високий ефект досягається під час одночасного формування  $C_6A_5S_3H_32$  на основі первинного і вторинного еtringіту.

#### Висновки та перспективи подальших розроблень

Вперше встановлено послідовність процесу формування вторинного еtringіту і механізм впливу на структуру і властивості затверділої композиції. Подальшого розвитку набули теоретичне узагальнення стабілізації еtringітової фази, що обумовлюють формування структури та фізико-механічні властивості, їх взаємозв'язок із складом початкових матеріалів і технологічним процесом отримання виробів.

Теоретично встановлено і експериментально підтверджено оптимальний вміст сульфату кальцію (в межах 30–40% від маси композиції) позитивно впливаючого на кількість утворення еtringіту.

#### Література:

1. Кучеренко О.А. Структурні та термодинамічні характеристики еtringіту / О.А. Кучеренко // Технології бетонів, № 9–10 (74-75), 2012, с. 60–63
2. Дерев'яно В.М., Курятник Т.С., Кондратьєва Н.В. Механізм утворення еtringіту та його вплив на структуру цементного каменю // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури Випуск 20, Одеса: "Місто майстрів", 2005, с. 67–79.
3. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Барановський В. Б., Кочевих М. О., Хасан Є. Г., Константиновський Б. Я., Ракша В. О. Будівельне матеріалознавство : підруч. за ред. П. В. Кривенко. Київ : Ліра-К, 2015. 624 с.
4. Пушкарьова К. К., Кочевих М. О. Матеріалознавство для архітекторів та дизайнерів : навч. посіб. Київ : Вид-во Ліра-К, 2019. 424 с.
5. Kondofesky-Mintova L., Plank J. Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete: Proceedings Tenth International Conference (October 2012, Prague, Czech Republic), p. 423.
6. Hansen T. Strength, elasticity and creep ad related to the internal structure of concrete. // Proceedings of the Fourth International Symposium on the Chemistry of Cement, 1960, Washington, D. C. Vol. II, p. 709.
7. Rossetti A., Chiochio G., Paolini A. Expansive properties of the mixture  $C_4A_5H_17 - 2C_5$ . // Cement and Concrete Research, 1982, Vol. 12, № 6, p. 577–585.
8. Nakamura T., Sudoh G., Akaiwa S. Mineralogical Composition of Expansive Cement Clinker Rich in  $SiO_2$  and its Expansibility. // Symposium on the Chemistry of Cement. – 1968, Tokyo, Vol. IV, p. 351–365.
9. Pushkarova K. Using of untreated carbon nanotubes in cement composition /Pushkarova K., Sukhanevych M., Marsikh A. // Materials Science Forum. Brno, Czech Republic, 2016, Vol. 865, p. 6–11.
10. Рунова, Р. Ф. В'язучі речовини / Р. Ф. Рунова, Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, Ю.Л. Носовський // Підручник. К.: Основа, 2012, 448 с.
11. Пашенко, О. О. В'язучі матеріали / Пашенко О.О. // Підручник. –К: Вища школа, 1995, 416 с.
12. Land G., The Acceleration of the Hydration of Cements with and without supplementary cementitious materials by C-S-H seeds / G. Land, D. Stephan // 19 Internationale Baustofftagung. 16–18 September, 2015. Bauhaus-Universität Weimar. Bundesrepublik Deutschland. Band 2, p. 1011–1017.

**УДК 691.328 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-02**

Дворкин Л. И., Бордюженко О. М., Макаренко Р. М. / Властивості дрібнозернистих самоущільнювальних бетонів із добавкою полімеру // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 10–13. Рис.: 4. Табл.: 3. Бібліографія: 17 назв.

Наведено результати досліджень властивостей самоущільнювальних дрібнозернистих бетонів з використанням поліфункціонального модифікатора. Показано, що при оптимальному складі та вмісті такого модифікатора, що включає в себе полівінілацетатну дисперсію та суперпластифікатор, стає можливим суттєво покращити властивості самоущільнювальних бетонів.

Ключові слова: Самоущільнювальний бетон, поліфункціональний модифікатор, полівінілацетатна дисперсія, міцність, водопоглинання, стираність.

Leonid Dvorkin, Oleh Borduzhenko, Ruslan Makarenko / Properties of fine-grained self-compacting concrete with polymer additive // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 10–13. Fig.: 4. Table: 3. Bibliography: 17 titles.

The results of studies of the properties of self-compacting fine-grained concrete using a polyfunctional modifier are presented. It is shown that at the optimal composition and content of such a modifier, which includes a polyvinyl acetate dispersion and a superplasticizer, it becomes possible to significantly improve the properties of self-compacting concrete.

Keywords: Self-compacting concrete, polyfunctional modifier, polyvinyl acetate dispersion, strength, water absorption, abrasion.

**УДК 691.542:666.9 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-03**

Дорогань Н. О., Черняк Л. П. / Комплексне застосування техногенної сировини для виготовлення цементного клінкеру // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 14–17. Рис.: 4. Табл.: 6. Бібліографія: 21 назв.

Досліджено можливість комплексного застосування багатотоннажних відходів агропромисловості та теплоенергетики для виготовлення цементного клінкеру. Із застосуванням комп'ютерної програми «Клінкер» визначено нові складі вихідних сировинних сумішей на основі системи крейда — рисова лузга — зола виносів ТЕС із загальним вмістом 39–52 мас. % вказаних відходів. Експериментально підтверджено можливість отримання нормальноутужувачого цементу середньої міцності з сумішей, що містять 45,2 мас. % техногенної сировини при випалі з максимальною температурою 1400 °С. Показано зв'язок властивостей отриманого цементу з особливостями фазового складу з переважним розвитком силікатів кальцію C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S за рахунок підвищеної реакційної здатності аморфного кремнезему рисової лузги.

Ключові слова: цемент, клінкер лузга рисова, зола виносів, суміш сировинна, склад, випал, фази кристалічні, властивості.

Nataliia Dorogan, Lev Chernyak / Complex application of man-made raw materials for the manufacture of cement clinker // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 14–17. Fig.: 4. Table: 6. Bibliography: 21 titles.

At the article, the results of the investigation on the complex stowing of rich tonnage inputs in agro-industry and heat energy for the preparation of cement clinker are given. The object of the study was raw material mixtures for production of cement clinker based on the system of chalk — rice husk — fly ash. Calculations and analysis of the composition of raw mixtures were carried out using the created computer program "Clinker", which made it possible to quickly determine the rational ratio of components according to the given characteristics of the clinker. According to the results of computer calculations, the possible content of rice husk in chalk-based binary mixtures in the range of saturation coefficient KH = 0.80–0.95 is 55.7–60.1 wt. %, and fly ash — 23.9–26.6 wt. %, however, the numbers of silica and alumina modules do not meet the recommended n = 1.9–3.0 and p = 0.90–2.0 for cement clinker. When using 3-component mixtures, the possible total content of rice husk and ash in the range of KH = 1.9–3.5 is from 39 to 52 wt. %. At the same time, the quantitative ratio of husk ash varies from 2.1 to 7.3. The possibility of obtaining normal-hardening cement of medium strength from a mixture containing 45.2 wt. % of man-made raw materials at a maximum firing temperature of 1400 °C has been experimentally confirmed. According to the X-ray phase analysis on the Philips X&aport;Pert PRO — MRD diffractometer, the relationship between the cement properties and the formation of the C<sub>2</sub>S-C<sub>3</sub>S-C<sub>2</sub>AS-CA crystal phase system during clinker firing was established. At the same time, the predominant development of calcium silicate phases is associated with the increased reactivity of amorphous silica, a product of heat treatment of rice husk. It was concluded that the integrated use of rice husk and fly ash as man-made raw materials in the mass-intensive production of cement clinker is a promising direction for the utilization of large-tonnage industrial waste.

Key words: mineral binder, rice husk, fly ash, raw mix, composition, firing, crystalline phases, properties.

**УДК 691 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-04**

Дерев'яно В. М., Гришко Г. М., Дубов Т. М. / Стабілізація етрингітної фази // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 18–25. Рис.: 13. Табл.: 11. Бібліографія: 12 назв.

Вперше встановлено послідовність процесу формування вторинного етрингіту і механізм впливу на структуру і властивості затверділої композиції. Подальшого розвитку набули теоретичне узагальнення стабілізації етрингітної фази, що обумовлюють формування структури та фізико-механічні властивості, їх взаємозв'язок із складом початкових матеріалів і технологічним процесом отримання виробів. Теоретично встановлено і експериментально підтверджено оптимальний вміст сульфату кальцію (в межах 30–40% від маси композиції) позитивно впливаючого на кількість утворення етрингіту.

Ключові слова: композиційне в'язуче, модифікація, етрингіт, стабілізація етрингітної фази, алюмінатні цементи, сульфат алюмінію цементу.

Viktor Derevianko, Hanna Hryshko, Taras Dubov / Etringite phase stabilization // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 18–25. Fig.: 13. Table: 11. Bibliography: 12 titles.

For the first time, sequence of the secondary ettringite formation process and the mechanism of influence on the structure and properties of the hardened composition were established. Theoretical generalization of the ettringite phase stabilization, which determines formation of the structure and physical and mechanical properties, as well as their relationship with composition of the initial materials and the technological process of obtaining products, has gained further development. The optimal content of calcium sulfate (within 30–40% of the composition mass) (which has a positive effect on the amount of ettringite formation) has been theoretically determined and experimentally confirmed.

Key words: composite binder, modification, ettringite, ettringite phase stabilization, aluminate cements, sulfoaluminate cements.

**УДК 691.5 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-05**

Пушкар'єва К. К., Терещенко Л. В. / Оцінка впливу нанокarbonатних додавок на здатність цементних систем до самоочищення // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 26–29. Рис.: 4. Табл.: 1. Бібліографія: 15 назв.

Проаналізовано процеси самоочищення цементних систем, в тому числі і процеси фотокаталізу, що виникають при потрапленні світла на поверхні матеріалів, що містять фотокаталізатори. В більшості проведених досліджень для створення фотокаталітичного ефекту як фотокаталізатор найчастіше використовують діоксид титану (TiO<sub>2</sub>) як поширений напівпровідниковий матеріал, що має три кристалічні структури — анатаз, рутил і брукіт. Тип анатазу ширше використовується, оскільки є більш фотокаталітично активним ніж інші модифікації TiO<sub>2</sub>. В якості фотокаталізаторів можливе застосування й інших напівпровідникових матеріалів, таких як SiC, WO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, GaP, GaAs, CdSe, CdS, але їх фотокаталітична активність менша. Також окрім окремих сполук застосовують системи InP-CdS чи ZnTe-CdS, які проводять легування TiO<sub>2</sub> атомами вуглецю, сірки, азоту. Розглянуто результати досліджень, що спрямовані на пошуки інших шляхів підвищення здатності цементних систем до самоочищення, наприклад, за рахунок підвищення щільності цементного каменю. Проведено дослідження ефективності включення нанокarbonатної дошки для ущільнення структури цементних систем з метою отримання цементних систем, здатних до самоочищення. Підтверджено, що використання нанокarbonатних матеріалів дозволяє отримати будівельні матеріали, здатні до самоочищення, завдяки формуюванню електрогетерогенних контактів, що сприяє отриманню цементних систем з покращеними експлуатаційними властивостями, зокрема, здатністю до самоочищення.

Ключові слова: цементні системи, самоочищення, фотокаталіз, щільність цементного каменю, нанокarbonатні дошки, електрогетерогенні контакти.

Kateryna Pushkarova, Larysa Tereshchenko / Assessment of the effect of nanocarbonate additives on self-cleaning capacity of cement systems // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 26–29. Fig.: 4. Table: 1. Bibliography: 15 titles.

Self-cleaning processes of cement systems, including photocatalysis processes that occur when light hits the surface of materials containing photocatalysts, are analyzed. In most of the conducted studies, titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) is used as a photocatalyst as a common semiconductor material with three crystal structures — anatase, rutile and brookite — as a photocatalyst. The anatase type is more widely used because it is more photocatalytically active than other TiO<sub>2</sub> modifications. Other semiconductor materials can be used as photocatalysts, such as SiC, WO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, GaP, GaAs, CdSe, CdS, but their photocatalytic activity is lower. Also, in addition to individual compounds, InP-CdS or ZnTe-CdS systems are used, which dope TiO<sub>2</sub> with carbon, sulfur, and nitrogen atoms. The results of research aimed at finding other ways to increase the ability of cement systems to self-cleaning, for example, by increasing the density of cement stone, are considered. A study of the effectiveness of the inclusion of a nanocarbonate additive for compacting the structure of cement systems was conducted in order to obtain cement systems capable of self-cleaning. It has been confirmed that the use of nanocarbonate materials makes it possible to obtain building materials capable of self-cleaning due to the formation of electro-heterogeneous contacts, which contributes to obtaining cement systems with improved operational properties, in particular, the ability to self-clean.

Keywords: cement systems, self-cleaning, photocatalysis, density of cement stone, nanocarbonate additives, electro-heterogeneous contacts.

**УДК 691.3/666.98 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-06**

Каверин К. О., Анопко Д. В., Левківський Д. В. / Сучасні високотехнологічні бетони на основі ефірів полікарбонілатів для захисту енергетичних об'єктів України // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 30–33. Рис.: 1. Табл.: 1. Бібліографія: 20 назв.

Застосування хімічних додавок на основі ефірів полікарбонілатів є ефективним засобом регулювання реологічних властивостей бетонних сумішей, модифікування структури цементного каменю в бетоні та самого бетону, а отже, покращення його фізико-механічних характеристик та гарантування довговічності. Отримання високофункціональних бетонів досягається за рахунок виконання багатьох вимог, що впливають із фізичних основ структуроутворення бетону, а саме: використання високотехнологічних цементів та заповнювачів, застосування максимально низького водоцементного співвідношення. Використання модифікаторів забезпечує ефективність укладання бетону, розпалубку монолітних споруд у якнайкоротші терміни за достатньої якості останніх, виготовлення тонкостінних густоармованих конструкцій підвищеної міцності, можливість проведення будівельних робіт як у зимових, так і в сухих спекотних умовах. Під терміном «високотехнологічні» бетони об'єднані багатоконпонентні бетони з високими експлуатаційними властивостями, міцністю, довговічністю, низькими коефіцієнтами дифузії і стираністю, надійними захисними властивостями по відношенню до сталевих арматур, високою хімічною стійкістю. Мета роботи — одержання бетону заданого класу з високими

показниками ранньої міцності, середньої густини та стійкості затверділого бетону до агресивних чинників, що забезпечується якістю використаного цементу та введенням хімічних додавок. Висновки. Розроблена ціла гама спеціалізованих високофункціональних бетонів з суперпластифікаторами нової генерації на основі ефірів полікарбонілатів та противтягуючих додавок, причому за рахунок регулювання співвідношення стеричного фактора та аніонної активності ефірів полікарбонілатів у комплексі з високорозчинними електролітами, одержані високотехнологічні та літні бетонні суміші з тривалим часом збереження їх легкоукладальності, що гарантує отримання бетонів з підвищеною ранньою міцністю, високими експлуатаційними властивостями, в тому числі надійними захисними властивостями по відношенню до сталевих арматур та високою хімічною стійкістю.

Ключові слова: високотехнологічні бетони, самоущільнювальні бетони (Self-Compacting Concrete, SCC), високоміцні бетони (High-Strength Concrete, HSC), довговічність, енергетична інфраструктура.

Kostiyanyn Kaverin, Dmytro Anopko, Dmytro Levkivskiy / Modern high-tech concretes based on polycarboxylate esters for the protection of energy facilities in Ukraine // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 30–33. Fig.: 1. Table: 1. Bibliography: 20 titles.

The use of chemical additives based on polycarboxylate esters is an effective means of regulating the rheological properties of concrete mixtures, modifying the structure of cement stone in concrete and the concrete itself, and therefore improving its physical and mechanical characteristics and guaranteeing durability. Obtaining high-performance concrete is achieved by meeting many requirements arising from the physical foundations of concrete structure formation, namely: the use of high-strength cements and aggregates, the use of the lowest possible water-cement ratio. The use of modifiers ensures the efficiency of concrete laying, the formwork of monolithic structures in the shortest possible time with sufficient quality of the latter, the production of thin-walled thick-reinforced structures of increased strength, the possibility of carrying out construction work both in winter and in dry, hot conditions. The term "high-tech" concrete includes multi-component concrete with high operational properties, strength, durability, low diffusion coefficient and abrasion, reliable protective properties in relation to steel reinforcement, high chemical resistance. The purpose of the work is to obtain concrete of a given class with high indicators of early strength, average density and resistance of hardened concrete to aggressive factors, which is ensured by the quality of the cement used and the introduction of chemical additives. Purpose of the article a whole range of specialized highly functional concretes with superplasticizers of the new generation based on polycarboxylate esters and air-entraining additives has been developed, and by adjusting the ratio of the steric factor and the anionic activity of polycarboxylate esters in a complex with highly soluble electrolytes, high-tech and cast concrete mixtures with a long-term preservation of their ease of work have been obtained, which guarantees obtaining concrete with increased early strength, high operational properties, including reliable protective properties in relation to steel reinforcement and high chemical resistance.

Key words: high-tech concrete, self-compacting concrete (SCC), high-strength concrete (HSC), durability, energy infrastructure.

**УДК 691.32 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-07**

Троян В. В., Кіндрас Б. П. / Моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 34–37. Рис.: 5. Бібліографія: 20 назв.

Наведено результати моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення. Шляхом моделювання пружних і мікропластичних деформацій по діаграмі деформування зразків-прим з ініційованою тріщиною встановлено параметри розкриття тріщин в досліджуваних бетонах. За моделлю встановлено, що ширина розкриття усадочних тріщин у досліджуваних бетонах (на 120 добу) значно перевищує цей показник для початку утворення магістральної тріщини. Отже, за умови обмеженої усадки, утворення тріщин в досліджуваних бетонах неминуче. За моделлю, утворення мікротріщин внаслідок обмеженої усадки бетону без додавок починається на 9 добу, а утворення магістральної тріщини — на 11 добу твердіння. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з золою виносів, вапняковим борошном та мікрокремнеземом починається на 6 добу твердіння. Утворення усадочних магістральних тріщин в цих бетонах починається на 8, 10 та 11 добу твердіння відповідно. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з метакалієм починається на 8 добу, а магістральної тріщини — на 17 добу твердіння. Отже, склад бетону з метакалієм можна визнати найбільш тріщиностійким серед досліджуваних, що пояснюється меншою усадкою, відносно низьким модулем пружності та відносно великою ділянкою мікропластичних деформацій бетону цього складу.

Ключові слова: високоміцний бетон, бетон здатний до самоущільнення, моделювання, тріщиностійкість, усадка, модуль пружності.

Vyacheslav Troyan, Bogdan Kindras / Modeling the crack-resistance of high-strength self-compacting concrete // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 34–37. Fig.: 5. Bibliography: 20 titles.

The results of modeling the crack resistance of high-strength self-compacting concretes are presented. By modeling elastic and microplastic deformations from the deformation diagrams of prism specimens with an initiated crack, the parameters of crack opening in the concretes under study were established. According to the model, it was found that the width of the opening of shrinkage cracks in all investigated concretes (by 120 days) significantly exceeds this indicator for the beginning of the formation of the main crack. Thus, with limited shrinkage, the formation of cracks in the concretes is inevitable. In accordance with the model, the formation of shrinkage microcracks of concrete without additives begins on the 9th day, and the formation of the main crack — on



the 11th day of hardening. The beginning of the formation of shrinkage microcracks in concrete with fly ash, limestone and microsilica begins on the 6th day of hardening. The formation of shrinkage main cracks in these concretes begins on the 8th, 10th and 11th days of hardening, respectively. The beginning of the formation of shrinkage microcracks in concrete with metakaolin begins on the 8th day, and the main crack — on the 17th day of hardening. Thus, the composition of concrete with metakaolin can be considered the most crack-resistant. This is due to less shrinkage, a relatively low modulus of elasticity and a relatively large area of microplastic deformation of concrete with metakaolin.

Key words: high-strength concrete, self-compacting concrete, modeling, crack resistance, shrinkage, modulus of elasticity.

#### UDK 691.31 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-08

Лаповська С. Д., Демченко Т. М., Конопля М. С. / Вплив кремнійорганічних гідрофобуючих добавок на довговічність нідроздрюваного бетону автоклавного тверднення // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 40–43. Рис.: 8. Табл.: 5. Бібліографія: 6 назв.

В статті наведені результати дослідження впливу кремнійорганічних гідрофобуючих добавок на основні фізико-механічні властивості автоклавного газобетону марки за середньою густиною D400. Мета роботи — визначити ефективність кремнійорганічних гідрофобуючих добавок на довговічність нідроздрюваного бетону. Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що для підвищення основних фізико-механічних та експлуатаційних характеристик газобетонів марки за середньою густиною D400 оптимальним є введення до складу нідроздрюваного бетону сумішей добавки кремнійорганічної рідини ПМС-50 у кількості 1,5–2 % від маси сухих компонентів. При цьому міцність матеріалу при стиску підвищується з 2,9 МПа до 3,8 МПа; водопоглинання знизжується з 49,6 % до 4,2 % за масою, морозостійкість підвищується на 2 марки. Склади, що містять добавки ПМС-50 і ПМС-40 характеризувалися зниженою на 3–5% середньою густиною у сухому стані за рівнозначних значень міцності при стиску (3,7 МПа і 3,8 МПа відповідно). Зразки автоклавних газобетонів, модифікованих добавками олигометилгдіросилоксану і метилсіліконату натрію, показали підвищення міцності і морозостійкості за кількості добавок 3,5 % і 2,5 % відповідно. Міцність нідроздрюваного гідрофобованого бетону автоклавного тверднення забезпечується основними низькомодульними гідросилікатними фазами та збільшеною кількістю виводжених призматичних кристалів афліту. Ключові слова: бетон, водопоглинання, добавка, гідрофобізація, морозостійкість, густина, міцність, нідроздрюватий бетон.

Svitlana Lapovska, Tatiana Demchenko, Mykola Konoplya / Effects of silicone hydrophobic additives on the durability of autoclaved cellular concrete and the aerated autoclaved concrete quality // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 40–43. Fig.: 8. Table: 5. Bibliography: 1 titles.

The article presents the results of a study of the effect of silicone hydrophobic additives on the main physical and mechanical properties of autoclaved aerated concrete with an average density of D400. The purpose of the work is to determine the effectiveness of silicone water-repellent additives on the durability of cellular concrete. Purpose of the article. According to the results of the studies, it was found that to improve the main physical, mechanical and operational characteristics of aerated concrete with an average density of D400, it is optimal to introduce an additive of silicone liquid PMS-50 in the amount of 1.5–2 % by weight of dry components into the composition of aerated concrete mixtures. In this case, the compressive strength of the material increases from 2.9 MPa to 3.8 MPa; water absorption decreases from 49.6 % to 4.2 % by weight, and frost resistance increases by 2 grades. The compositions containing PMS-50 and PMS-40 additives were characterized by a 3–5% reduction in average dry density with equivalent compressive strength values (3.7 MPa and 3.8 MPa, respectively). Samples of autoclaved aerated concrete modified with oligomethylhydrosiloxane and sodium methyl silicate additives showed an increase in strength and frost resistance at an additive content of 3.5% and 2.5%, respectively. The strength of the cellular hydrophobic concrete of autoclaved curing is provided by the main low-base hydrosilicate phases and an increased number of elongated prismatic crystals of afflite.

Key words: Concrete, water absorption, additive, hydrophobisation, frost resistance, density, strength, cellular concrete.

#### UDK 691.31 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-09

Лаповська С. Д., Черненко М. В., Конопля М. С. / Дослідження фізико-технічних характеристик нідроздрюваного бетону автоклавного тверднення для будівництва // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 44–46. Бібліографія: 7 назв.

Розглянуті проблеми енергозбереження будинків, раціональне застосування автоклавного газобетону зниженої густини, порівняно з аналоговим стіновим матеріалом. Розглянуті енергозберігаючі технології виробництва автоклавного газобетону. Мета роботи — визначити ефективність застосування автоклавного газобетону зниженої густини (D400–D300) при зведенні будинків. Визначити шляхи енергозбереження при виготовленні автоклавного газобетону. Висновки. Розглянуті шляхи енергозбереження при будівництві будинків з використанням нідроздрюваного бетону автоклавного тверднення, а також розглянуті методи енергозбереження при виготовленні нідроздрюваного бетону.

Ключові слова: Автоклавний газобетон, нідроздрюватий бетон, енергозбереження, термічний опір.

Svitlana Lapovska, Mykola Chernenko, Mykola Konoplya / Research of the physical and technical characteristics of autoclaved aerated concrete for construction // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 44–46. Bibliography: 7 titles.

Considered problems of energy saving of buildings, rational application of autoclaved aerated concrete of reduced density, compared to analog wall material. Energy-saving technologies for the production of autoclaved aerated concrete are considered. The purpose of the work is to determine the efficiency of using autoclaved aerated concrete of reduced density (D400–D300) in the construction of buildings. Determine the ways of energy saving in the

production of autoclaved aerated concrete. Purpose of the article. Ways of energy saving in the construction of houses using autoclaved aerated concrete are considered, as well as methods of energy saving in the production of aerated concrete are considered.

Key words: Autoclaved aerated concrete, aerated concrete, energy saving, thermal resistance.

#### UDK 614.842 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-10

Цапко Ю. В., Бондаренко О. П., Цапко О. Ю., Жеребчук Д. С. / Встановлення ефективності вогнезахисту деревини композицією на основі поліфосфату амонію // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 48–51. Рис.: 1. Табл.: 1. Бібліографія: 10 назв.

Проведено експериментальні дослідження з визначення ефективності вогнезахисту композицій із застосуванням експериментальних зразків поліфосфату амонію та встановлено, що вогнезахисна деревина відноситься до важкогорючих матеріалів. Показано, що експериментальні зразки деревини після оброблення композицією із застосуванням поліфосфату амонію та поліфосфату амонію, термостабілізованого поліфосфатом меламіну, за ефективності вогнезахисту відносяться до матеріалів першої групи ефективності (важкогорючі матеріали). Досліджувана композиція забезпечує ефективність вогнезахисту відповідно для об'єктів І...V класів. За результатами експериментальних досліджень, встановлено, що застосування гідрофобуючих сумішей «Сілол» затримує проникнення та накопичення води вогнезахисною деревиною. Виявлено також підвищення вогнезахисної ефективності вогнезахисної деревини під час спільної дії «ДСА-2» та гідрофобуючої суміші «Сілол» після оброблення зразків.

Ключові слова: деревина, горючість, композиція, вогнезахист, поліфосфат амонію, покриття.

Tsapko Yu. V., Bondarenko O. P., Tsapko O. Yu., Zerebchuk D. S. / Determination of the efficiency of fire protection of wood by a composition based on ammonium polyphosphate // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 48–51. Fig.: 1. Table: 1. Bibliography: 10 titles.

Experimental studies were conducted to determine the effectiveness of fire protection of compositions using experimental samples of ammonium polyphosphate and it was established that fire-resistant wood belongs to non-flammable materials. It is shown that experimental wood samples after treatment with a composition using ammonium polyphosphate and ammonium polyphosphate heat-stabilized with melamine polyphosphate belong to the materials of the first efficiency group (flammable materials) in terms of fire protection efficiency. The studied composition provides fire protection efficiency, respectively, for objects of classes I...V. According to the results of experimental studies, it was established that the use of "Silol" hydrophobic mixtures delays the penetration and accumulation of water in fire-resistant wood. An increase in the fire-resistant efficiency of fire-resistant wood during the joint action of "DSA-2" and the hydrophobizing mixture "Silol" after processing the samples was also revealed. The atmospheric resistance of fire-resistant wood as a result of the joint action of the composition was investigated using experimental samples of ammonium polyphosphate and ammonium polyphosphate heat-stabilized with melamine polyphosphate and the "Silol" mixture.

Keywords: wood, flammability, composition, fire protection, ammonium polyphosphate, coating.

#### UDK 69.05:658.5 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-11

Корнило І. М., Ткачук В. С. / Організаційна система прогнозування показників в проєктуванні і будівництві за допомогою математичних моделей // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 54–55. Бібліографія: 5 назв.

У статті наведений локальний прогноз, структура якого не є єдиним варіантом, представляється найбільш завершеною частиною системи прогнозування. Функціонування даних моделей не тільки експериментально випробувано, вони неодноразово використовувалися для багатьох практичних розрахунків на перспективу. Однак, враховані методи прогнозування передбачають використання експертних оцінок, способи отримання яких, проблематичні. Тому даний матеріал зможе розширити і доповнити методику отримання та обробки експертних оцінок.

Ключові слова. Прогнозування показників, економічний процес, кореляційна і регресивна функція, часовий ряд.

Iryna Kornilo, Vladyslav Tkachuk / Organizational system for forecasting indicators in design and construction using mathematical models // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 54–55. Bibliography: 5 titles.

The local forecast presented in the article, the structure of which is not the only option, is the most complete part of the forecasting system. The functioning of these models was not only tested experimentally, they were repeatedly used for many practical calculations for the future. However, the considered forecasting methods involve the use of expert assessments, the methods of obtaining which are problematic. Therefore, this material will be able to expand and complement the method of obtaining and processing expert assessments.

Keywords. Forecasting indicators, economic process, correlation and regression function, time series.

#### UDK 65.85.011.56:65.01 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-12

Корнило І. М., Гнуп О. П. / Системний метод використання векторів і матриць при будівництві об'єктів // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1–2, стр. 56–57. Бібліографія: 4 назв.

Стаття розглядається метод використання векторів і матриць при будівництві об'єктів при виробленні управлінських рішень. Основним джерелом інформації прийнята матриця цінностей.

Ключові слова: системний підхід; управлінські рішення; системи з дискретними станами; похідна ймовірності стану; дисперсійний аналіз.

Iryna Kornilo, Olga Gnyp / System method for using vectors and matrixes in construction of objects // Building materials and products, 2021, № 1–2, p. 56–57. Bibliography: 4 titles.

The article discusses the method of using vectors and matrices in the construction of facilities in the development of management decisions. The main source of information is the matrix of values.

Keywords: systems approach; management decisions; systems with discrete states; derivative of the state probability; analysis of variance.

#### UDK 338 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-13

Огороднік І. В. / Дослідження особливостей маркетингу на ринку нерухомості // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр.60–62. Рис.: 1. Табл.: 2. Бібліографія: 11 назв.

У даній статті висвітлені особливості нерухомості та маркетингових досліджень на ринку нерухомості, для ефективного просування цих об'єктів на будівельному ринку. Розглянуто особливості життєвого циклу об'єктів нерухомості та дії маркетингологів на різних її етапах. Показано, що дослідження ринку нерухомості є важливим інструментом для розуміння актуальних тенденцій та пошук на нерухомість, що дозволяє зрозуміти, які типи нерухомості є популярними, які регіони є найбільш привабливими для покупців та які фактори впливають на ціни на нерухомість. Маркетингові дослідження можуть бути корисні для різних груп людей, включаючи ріелторів, інвесторів та будівельників. Основною ціллю маркетингових досліджень ринку нерухомості є аналіз потреб та пошук на нерухомість серед різних груп споживачів. Це дозволяє будівельникам та ріелторам адаптувати свої продукти та послуги до потреб інвесторів, знаходити нові ринки збуту та отримувати необхідні фінансові прибутки. Крім того, дослідження ринку нерухомості можуть допомогти виявити потенційні ризики та можливості, що в свою чергу забезпечить впровадження обґрунтованих рішень щодо інвестицій в нерухомість.

Ключові слова: ринок нерухомості, життєвий цикл об'єктів нерухомості, попит, пропозиція, маркетингове дослідження. Iryna Ogorodnyk / Study of marketing features on the real estate market // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 60–62. Fig.: 1. Table: 2. Bibliography: 11 titles.

Annotation. This article highlights the features of real estate and marketing research in the real estate market, for the effective promotion of these objects in the construction market. The peculiarities of the life cycle of real estate objects and the actions of marketers at its various stages are considered. Real estate market research is shown to be an important tool for understanding current trends and demand for real estate, which allows you to understand which types of real estate are popular, which regions are most attractive to buyers, and which factors affect real estate prices. Marketing research can be useful to many different groups of people, including realtors, investors, and builders. The main goal of marketing research on the real estate market is to analyze the needs and demand for real estate among different groups of consumers. This allows builders and realtors to adapt their products and services to the needs of investors, find new sales markets and obtain the necessary financial returns. In addition, real estate market research can help identify potential risks and opportunities, which in turn will ensure the implementation of informed decisions about investing in real estate.

Keywords: real estate market, life cycle of real estate objects, demand, supply, marketing research.

#### UDK 658.849 / DOI 10.48076/2413-9890.2023-103-14

Рокицька А. В., Огороднік І. В. / Дослідження особливостей та розвитку електронної торгівлі в сучасних умовах України // Будівельні матеріали та вироби, 2023, № 1–2, стр. 63–67. Рис.: 1. Табл.: 2. Бібліографія: 13 назв.

У даній статті висвітлено основне пояснення поняття «електронна комерція» та розглянуто її різновиди та типи. Наведено новітні форми взаємодії учасників ринку товарів і послуг, що мають відношення до реалізації електронної комерції. Виявлено чинники, що стимулюють подальший розвиток даного економічного явища. Визначено міжнародне регулювання електронної торгівлі. Розглянуто головні переваги та недоліки електронної комерції як форми міжнародної торгівлі. Доведено, що вигоди від зростання електронної комерції виявилися набагато більшими, порівняно з його недоліками. Встановлено, що електронна комерція пов'язана безпосередньо з великою кількістю бізнес-операцій, незалежно від того, чи йдеться про роздрібну торгівлю як операції між компаніями. Однак ефективність впровадження електронної комерції тісно пов'язана з інституційними змінами традиційних методів торгівлі. Також проаналізовано тенденції розвитку електронної комерції у світі. Представлено результати аналізу стану електронної комерції в Україні у порівнянні з іншими зарубіжними державами.

Ключові слова: торгівля, електронна комерція, Інтернет-торгівля, електронний ринок.

Anna Rokytka, Iryna Ogorodnyk / Advanced features and development electronic commerce in the minds of Ukraine // Building materials and products, 2023, № 1–2, p. 63–67. Fig.: 1. Table: 2. Bibliography: 13 titles.

Annotation. This article highlights the basic explanation of the concept of "electronic commerce" and considers its varieties and types. The latest forms of interaction between participants in the market of goods and services related to the implementation of electronic commerce are given. Factors stimulating the further development of this economic phenomenon have been identified. The international regulation of electronic commerce is defined. The main advantages and disadvantages of electronic commerce as a form of international trade are considered. The main advantages and disadvantages of electronic commerce as a form of international trade are considered. It has been proven that the benefits of the growth of e-commerce have far outweighed its drawbacks. E-commerce has been found to be directly related to a large number of business transactions, whether retail or business-to-business. However, the effectiveness of e-commerce implementation is closely related to institutional changes in traditional trading methods. Trends in the development of e-commerce in the world are also analyzed. The results of the analysis of the state of e-commerce in Ukraine in comparison with other foreign countries are presented.

Keywords: trade, e-commerce, internet trade, e-business.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДО ПУБЛІКАЦІЇ

Звертаємо Вашу увагу на те, що наукові статті згідно з вимогами ДАК повинні мати такі структурні елементи:

1. Постановка проблеми.
2. Аналіз останніх досліджень та публікацій.
3. Формулювання цілі статті.
4. Виклад основного матеріалу.
5. Висновки.
6. Список літератури (згідно до ДСТУ 8302:2015).

До розгляду приймаються статті або доповіді обсягом до повних сторінок українською, англійською або російською мовою виключно в електронному вигляді (e-mail) в редакторі MS Word.

НАЗВА ФАЙЛУ – ПРИЗВИЩЕ АВТОРА.

Також додається копія статті у форматі pdf поліграфічної якості.  
Індекс УДК друкують окремим рядком у верхньому правому кутку.  
Додаються анотації українською та англійською мовами.  
Обсяг анотацій – не більше 1/3 сторінки А4.  
Формат аркушу А4 (210x297мм).

Рисунки надсилаються окремими файлами; назва файлу – порядковий номер рисунка у статті. Формати рисунка: tiff, pdf, eps, jpeg. Кольорова модель – відтінки сірого або ч/б палітра, роздільна здатність не менше 300 dpi. Рисунки, створені у програмах Excel, Visio Drawing, WordPad, CorelDRAW імпортується у файл Word за допомогою меню Вставка/Об'єкт, щоб забезпечити можливість трансформації. Рисунки, створені за допомогою засобів Word, групуються та повинні бути доступними для виправлення.

Підписи рисунків:



Рисунок 1. – Назва рисунка

Підписи таблиць:

Таблиця 1

Назва таблиці


### ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

УДК

П.І.Б. автора, вчений ступінь, посада

Найменування організації, адреса, номер телефона

**НАЗВА СТАТТІ**

Текст статті  
Література

*Анотації українською та англійською мовами:*

**УДК ....**

П.І.Б. автора / Назва статті // Журнал Будівельні матеріали та вироби, 201..., №... – Стор... – Табл: .... – Рис... – Бібліографія: ... назв.

Текст реферату

**UDK ....**

Name, Surname of author / Name of article // Magazine Building materials and products, 201..., №... – P... Tabl.: .... – fig....

Refs.... titles.

Text of abstract

ТОВ "Кижкова майстерня"

03022, м. Київ, вул. Михайла Максимовича, 2

Номер запису в єдиному Державному реєстрі 1000681020000064404

від 19.12.2022 р

Підписано до друку 21.11.2023 року

Формат 64x90/8.

Ум. друк. арк. 8. Обл.-вид. арк. 8,94

Наклад 1000 прим.

Зам № 764- 27К: 2023, 72стор.

ISSN 2413-9890



9 772413 989005 1 >



**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І  
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ  
«НДІБМВ»**

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДІЯЛЬНОСТІ:**

---

- ✓ Розробка нових і удосконалення існуючих технологій виробництва будівельних матеріалів і виробів з розробкою технологічних регламентів, технологічних карт;
- ✓ Розробка проектів будівництва та реконструкції підприємств будівельних матеріалів;
- ✓ Економічна оцінка проектних рішень в галузі виробництва будівельних матеріалів;
- ✓ Розробка нормативної документації (стандарти, технічні умови) на будівельні матеріали та вироби;
- ✓ Виконання фізико-хімічних і фізико-технічних випробувань сировини та будівельних матеріалів на її основі;
- ✓ Здійснення технологічних випробувань сировини з виготовленням експериментальних зразків матеріалів і виробів;
- ✓ Виконання періодичних і сертифікаційних випробувань будівельних матеріалів і виробів;
- ✓ Підготовка наукових кадрів в аспірантурі за спеціальностями 05.23.05 «Будівельні матеріали та вироби», 05.17.11 «Технологія тугоплавких неметалічних матеріалів»;
- ✓ Організація виставок, конференцій, семінарів, презентацій;
- ✓ Підготовка науково-технічної інформації, пропаганда науково-технічних досягнень;
- ✓ Видання щорічного каталогу будівельних матеріалів, виробів та інженерного обладнання «Будматеріали» та фахових наукових видань: Всеукраїнський науково-технічний і виробничий журнал «Будівельні матеріали та вироби» та науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка»;
- ✓ Проведення маркетингових досліджень;
- ✓ Проведення техніко-економічного аналізу роботи підприємств з розробкою пропозицій підвищення їх конкурентоспроможності;
- ✓ Організація робіт з сертифікації, санітарно-епідеміологічних і радіологічних досліджень, визначення пожежонебезпечних показників горючості продукції будівельного призначення.