БМВ • СТРОИТЕЛЬНЫЕ • МАТЕРИАЛЫ • И • ИЗДЕЛИЯ
BUILDING • MATERIALS AND PRODUCTS •
№1-2
(102)
2021
ISSN 2413-9890

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

Всеукраїнський науково-технічній і виробничий журнал видається з 1959 року

IFCEM®
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ

БУДУЙ ВПЕВНЕНО!

10135 1414

ifcem.if.ua

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102 ISSN 2413-9890

БМВ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ • МАТЕРИАЛЫ • И • ИЗДЕЛИЯ

BUILDING • MATERIALS AND PRODUCTS •

№1-2 (102) 2021

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

Засновники:
Міністерство розвитку громад та територій України, Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів ДП «НДІБМВ»

Журнал зареєстрований Державним комітетом інформаційної політики, телебачення і радіомовлення України КВ № 4528 від 01.09.2000 року

Наказом Міністерства освіти і науки України від16.05.2016 року Протокол № 515 журнал затверджено як фахове видання, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Матеріали розглянуті на засіданні Вченої ради ДП «НДІБМВ», схвалені та рекомендовні до опублікування. Протокол № 3 від 15.04.2021 року.

Редакція не несе відповідальності за зміст реклами і оголошень. Автори опублікованних матеріалів несуть відповідальність за достовірність наведенних свідчень, точність даних згідно літератури, що цитується і відсутність у статтях даних, що не підлягають відкртій 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/факс: +38 (044) 425 72 36,
тел.: +38 (044) 425 56 32
ndibmv@ukr.net

Підписано до друку 27.04.2021 р.
Тираж 5000 примірників
Надруковано в типографії:
Видавництво «БАРМИ»
вул. Кирилівська, 86, м. Київ, 04080,

Редактор:
Сучкова О. А.
Дизайн та верстка:
Чумакова О. С.

ЗМІСТ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

Легкі та ніздрюваті бетони / Легкие и ячеистые бетоны / Lightweight cellular concrete

Рудченко Д. Г., Сердюк В. Р.
ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОБЕТОНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ 4
Dmitrii Rudchenko, Vasyl Serdyuk
ENERGY SAVING ASPECTS IN PRODUCTION AND USE OF LOW-DENSITY AERATED CONCRETE 4

ІДЕАЛЬНЕ УТЕПЛЕННЯ БУДИНКУ (продукція компанії «АЕРОК») 11

ТОВ «ЗАВОД «ТЕХНО» – ЦЕ ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК 12

В`яжучі, бетони та добавки / Вяжущие, бетоны и добавки / Binders, concrete and additives

Дворкін Л. Й., Марчук В. В., Зятюк Ю.Ю.
ЦЕМЕНТНО-ШЛАКОВІ СУМІШІ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРУ 14
Dvorkin Leonid, Vitaliy Marchuk, Yu. Zyatuk
CEMENT SLAG CONCRETE FOR 3D PRINTER....14

Гев`юк І. М., Кропивницька Т. П.
ШВИДКОТВЕРДНУЧИЙ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ВИРОБНИЦТВА ПрАТ «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ» – НОВА ЯКІСТЬ 20
I. Geviuk, T. Kropyvnytska
RAPID HARDENING BLAST FURNACE CEMENT OF JSC "IVANO-FRANKIVSKCEMENT" PRODUCTION – NEW QUALITY 20

СВІТОВИЙ АВТОРИТЕТ У СУЧАСНІЙ НАУЦІ ПРО ЦЕМЕНТИ. До 90-річчя професора Вєслова Курдовські 24

Безуглий А. О., Кріпка Л. М.
УКРАЇНА – КУРС НА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ ІЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННИМ ПОКРИТТЯМ 26
Artem Bezugly, Ljudmyla Kripka
UKRAINE – COURSE ON TO AUTOMOBILE ROADS WITH CEMENT-CONCRETE PAVEMENT 26

Гришко Г. М.
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА 30
H. Hryshko
STRUCTURE AND PROPERTIES OF DISPERSE-REINFORCED COMPOSITE BINDER....30

KOUTEX – ДОСВІД, НАДІЙНІСТЬ, ІННОВАЦІЇ 34

Пушкарьова К. К., Гончар О. А., Іонов Д. С., Гадайчук Д. Р.
ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕАКЦІЙНО-ПОРОШКОВИХ БЕТОНІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ 36
K. Pushkarova, O. Honchar, S. Ionov, D. Hadaichuk
PECULIARITIES OF OBTAINING AND PROSPECTS FOR USING REACTIVE-POWDER CONCRETE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF UKRAINE....36

Троян В. В., Кіндрась Б. П.
МОДЕЛЮВАННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ, ЗДАТНИХ ДО САМОУЩІЛЬНЕННЯ 40
Vyacheslav Troyan, Bogdan Kindras
MODELING THE CRACK-RESISTANCE OF HIGH-STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETE 40

Фурсов Ю. В., Юнис Башир Н., Али Адил Халид
ТРУБЧАТЫЕ БЕТОННЫЕ БУРОВИБРОВАКУУМИРОВАНЫЕ СВАИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....44
Yu. Fursov, N. Yunis Bashir, Ali Adil Khalid
CONCRETE PIPE BORED PILES MANUFACTURED BY VIBRATION-VACUUMING FOR LOW-RISE CONSTRUCTION 44

Кераміка, керамічний клінкер / Керамика, керамический клинкер / Pottery, ceramic clinker

ВСЕ ПРО КЕРАМІКУ
Новий підручник «Технологія нових будівельних матеріалів» 47

Мельник Л. І., Білоусов О. Ю., Свідерський В. А., Черняк Л. П.
ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ 48
Liubov Melnyk, Oleg Bilousov, Valentin Svidersky, Lev Chernyak
TO THE QUESTION OF REDUCTION OF POWER-HUNGRYNESS OF MAKING OF POROUS COMPOSITION MATERIALS 48

Методи досліджень / Management structure / Методы исследования

СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЬ KINGSPAN ДЛЯ ПЛОСКОЇ ПОКРІВЛІ – Х-ДЕК.....52

Корнило І.М., Гнип О.П.
СИСТЕМНИЙ МЕТОД ВИКОРИСТАННЯ ВЕКТОРІВ І МАТРИЦЬ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ОБ'ЄКТІВ.....54
I. Kornylo., O. Gnyp
SYSTEM METHOD FOR USING VECTORS AND MATRIXES IN CONSTRUCTION OF OBJECTS.....54

Колохов В. В., Мороз Л. В., Гришко Г. М.
ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ
КАЙДАЦЬКОЇ НАСОСНО-ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ М. ДНІПРА 56
V. Kolokhov, L. Moroz, H. Hryshko
TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT OF STRUCTURES OF A PUMP HOUSE BUILDING
OF KAIDATSKA PUMP AND FILTER STATION IN DNIPRO.....56

КОРПОРАЦІЯ «ДБК ЖИТЛОБУД» – СУЧАСНИЙ ФІНАНСОВО-БУДІВЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКС 59

Красильнікова З. С., Нечитайло О. М.
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ГЛИН ДО СУШІННЯ 60
Zinaida Krasilnikova, Oleg Nechytailo
IMPROVING THE METHOD OF DETERMINING THE SENSITIVITY OF CLAYS TO DRYING 60

Єнергозбереження / Energy saving / Енергозбереження

Торчинский А. И., Марченко Г. С., Андреев С. К., Макаренко В. А., Волобуев С. В., Химович С. В
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
СУШКИ ПЕСКА И ДОЛОМИТА В СУШИЛЬНЫХ БАРАБАНАХ 62
A. Torchinskyi, G. Marchenko, S. Andreev, V. Makarenko, S. Volobuev, S. Khimovich
ENERGY AND HEAT TECHNOLOGICAL EFFICIENCY OF DRYING SAND AND DOLOMITE IN DRYING DRUMS.....62

Сухі будівельні суміші / Dry building mixes / Сухие строительные смеси

Нульман О. Н.
СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА 66
Oscar Nulman
A WAY TO IMPROVE COMPETITIVENESS OF DRY BUILDING MIXTURES OF DOMESTIC PRODUCTION.....66

Інформація і події / Информация и события / Information and events

Поживанов О. М.
ПРОБЛЕМНІ МЕТРИ: ЧОМУ КИЇВСЬКІ НОВОБУДОВИ БУВАЮТЬ НЕПРИДАТНИМИ ДО ЖИТТЯ.....68

Теплоізоляційні матеріали / Heat-insulating materials / Теплоизоляционные материалы

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОДОМ 70

Редакційна рада наукового фахового журналу
«Будівельні матеріали та вироби»
Голова редакційної ради
(Головний редактор):

Лаповська С. Д. – д.т.н., заступник директора ДП «НДІБМВ» з наукової роботи, професор кафедри будівельних матеріалів КНУБА (Київського національного університету будівництва та архітектури).

Члени редакційної ради:

Гоц В.І. – д.т.н., професор, Декан будівельно-технологічного факультету, Київський національний університет будівництва та архітектури, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки

Дворкін Л.Й. – д.т.н., професор, зав. кафедрою технології будівельних виробів і матеріалознавства, Національний університет водного господарства та природознавства;

Дюжилова Н. О. – к.т.н., ДП «НДІБМВ»;

Ковальчук Ю. Г. – д.т.н., завідувач науково-дослідної лабораторії інноваційних технологій та енергозбереження ДП «НДІБМВ»;

Куліков П. М. – д.е.н., професор, ректор КНУБА (Київського національного університету будівництва та архітектури), заслужений працівник освіти України, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

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 КНУБА (Київського національного університету будівництва та архітектури), лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;

Рищенко М. І. – д.т.н., професор, завідувач кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «Харківський політехнічний інститут»;

Саницький М. А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельного виробництва Національного університету «Львівська політехніка», 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»;

Сердюк В. Р. – д.т.н., професор, декан факультету підвищення кваліфікації Вінницького державного технічного університету;

Скрипник А.Л. – к.е.н., в.о. директора ДП «НДІБМВ»;

Сучкова О. А. – відповідальний секретар, завідувач відділу науково-технічної інформації та маркетингу ДП «НДІБМВ»;

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 «НДІБВ»;

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

Редакционный совет научного журнала
«Строительные материалы и изделия»
Председатель редакционного совета
(Главный редактор):

Лаповська С. Д. – д.т.н., заместитель директора ГП «НИИСМИ» по научной работе, профессор кафедры строительных материалов КНУСА (Киевского национального университета строительства и архитектуры).

Члены редакционного совета:

Гоц В.И. – д.т.н., профессор, Декан строительно-технологического факультета, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, лауреат Государственной премии в области науки и техники

Дворкин Л.И. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой технологии строительных изделий и материаловедения, Национальный университет водного хозяйства и природопользования;

Дюжилова Н. А. – к.т.н., ГП «НИИСМИ»;

Ковальчук Ю. Г. – д.т.н., заведующий научно-исследовательской лаборатории инновационных технологий и энергосбережения ГП «НИИСМИ»;

Куликов П. М. – д.э.н., профессор, ректор КНУСА (Киевского национального университета строительства и архитектуры), заслуженный работник образования Украины, лауреат Государственной премии в области науки и техники;

Петровский В. Я. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории инновационных технологий и энергосбережения ГП «НИИСМИ»;

Рунова Р. Ф. – д.т.н., профессор КНУСА (Киевского национального университета строительства и архитектуры), лауреат Государственной премии в области науки и техники;

Рищенко М.И. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей НТУ «Харьковский политехнический институт»;

Саницький М. А. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительного производства Национального университета «Львовская политехника», лауреат Государственной премии в области науки и техники;

Свидерский В. А. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой химической технологии композиционных материалов Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»;

Сердюк В. Р. – д.т.н., профессор, декан факультета повышения квалификации Винницкого государственного технического университета;

Скрипник А.Л. – к.э.н., и.о. директора ГП «НИИСМИ»;

Сучкова Е. А. – ответственный секретарь, заведующий отделом научно-технической информации и маркетинга ГП «НИИСМИ»;

Фишер Х.-Б. – доктор – инженер кафедры «Строительные материалы» Института строительных материалов им. Ф.А.Фингера Веймарского университета «Баухаус» (г. Веймар, Германия)

Фиц Станислав – д-р габ. инж., профессор, заведующий кафедрой общего строительства, Факультет строительства и архитектуры, Люблинский технологический университет, (г. Люблин, Польша)

Червяков Ю. Н. – к.т.н., заместитель директора по научной работе ГП «НИИСП»;

Черняк Л. П. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории физико-химических исследований и строительной керамики ГП «НИИСМИ».

The editorial board of scientific professional magazine
«Building materials and products»
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.

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

Dyuzhylova N. O. – PhD in Engineering, The Research Institute of Building Materials and Products;

KovalchukY. G. – DrSc(Eng), head of the research laboratory of innovative technologies and energy saving of the Research Institute of Building Materials and Products;

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;

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;

Ryshchenko M. I. – DrSc(Eng), Professor, Head of the Technology ceramics, refractories, glass and enamel department of the NTU «Kharkov Polytechnic Institute»;

Sanytsky M. A. – DrSc(Eng), Professor, Head of the Building production department of the National University «Lvivska Polytechnica», 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. – Doctor of Engineering, Professor, Dean of the Advanced training faculty of the Vinnytsia State Technical University;

Skripnik A.L. – PdH of Economics, Acting Director of the Research Institute of Building Materials and Products;

Suchkova O. A. – Secretary-General, Head of the Scientific and Technical Information department of the Research Institute of Building Materials and Products;

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. inz., 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;

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.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-01
УДК. 691.327.332

Рудченко Д. Г.

Сердюк В. Р.

Рудченко Д. Г., канд. техн. наук,
генеральний директор ТОВ «Аерок»,
08700, Київської обл., м. Обухів, вул. Промислова, 6,
✉ aeroc@aeroc.ua ☎ +38 (044) 391 31 92.
Сердюк В. Р., доктор техн. наук,
професор кафедри будівництва, міського господарства і архітектури,
Вінницький національний технічний університет,
21000, Вінницька обл., м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
☎ +38 (0432) 560 848.

Dmitrii Rudchenko, Ph.D.,
General Director (manager), LLC Aerok,
st. Promislova, 6, Obukhov, 08700,
✉ aeroc@aeroc.ua ☎ +38 (044) 391 31 92.
Vasyl Serdyuk, Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture,
Vinnitsa National Technical University,
Khmelnytsky Highway, 95, Vinnytsia, Vinnytsia region, 21000,
☎ +38 (0432) 560 848.

ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОБЕТОНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

ШЛЯХИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ГАЗОБЕТОНУ НИЗКОЇ ЩІЛЬНОСТІ

ENERGY SAVING ASPECTS IN PRODUCTION AND USE OF LOW-DENSITY AERATED CONCRETE

Аннотация. В статье приведен анализ нормативных требований, касающихся термического сопротивления стен современных зданий. Сравнение нормативных требований близких к Украине по климатическим условиям стран Балтии и Финляндии свидетельствует о значительном отставании показателей украинских нормативов.
На основе анализа структуры стеновых материалов, производимых в Украине, показано снижение объемов производства керамического строительного кирпича, керамзита, которые потеряли свои позиции на строительном рынке из-за высокой энергоёмкости производства и низких теплофизических свойств на стадии эксплуатации и были вытеснения автоклавным газобетоном.
Показаны тенденции производства автоклавного газобетона в Украине.
Высокий уровень технологии производства отечественного газобетона подтверждается качеством продукции компании «Аэрок», которая занимает ключевые показатели по производству автоклавного газобетона низкой плотности и высокой прочности. Компания первой на территории постсоветского пространства начала массовое производство теплоизоляционного газобетона марки D150, не имеющего аналогов в СНГ, и газобетона марки D300 с классом прочности на сжатие С2,0. Показана структура производства газобетона по плотности компании «Аэрок» и основные направления снижение расхода цемента при производстве газобетона за счет использования доменного гранулированного шлака и природного гипсового камня. Приведена зависимость увеличения расхода цемента в зависимости от снижения плотности газобетона.
Раскрыты особенности совершенствования качества автоклавного газобетона на примере продукции компании «Аэрок» и показаны пути повышения карбонизационной стойкости автоклавного газобетона из-за низкой плотности и высокой паропроницаемости.
Ключевые слова: стеновые материалы, энергоэффективность газобетон, теплоизоляция.
Анотація. У статті наведено аналіз нормативних вимог, що стосуються термічного опору стін сучасних будівель. Порівняння нормативних вимог близьких до України за кліматичними умовами країн Балтії та Фінляндії свідчить про значне відставання показників українських нормативів.
На основі аналізу структури стінових матеріалів, вироблених в Україні, показано зниження обсягів виробництва керамічної будівельної цегли, керамзиту, які втратили свої позиції на будівельному ринку через високу енергоємність виробництва і низьких теплофізичних властивостей на стадії експлуатації і були витіснені автоклавним газобетоном.
Показані тенденції виробництва автоклавного газобетону в Україні.
Високий рівень технології виробництва вітчизняного газобетону підтверджується якістю продукції компанії «Аерок», яка займає ключові показники по виробництву автоклавного газобетону низької щільності і високої міцності. Компанія першою на території пострадянського простору розпочала масове виробництво теплоізоляційного газобетону марки D150, що не має аналогів в СНД, і газобетону марки D300 з класом міцності на стиск С2,0. Показана структура виробництва газобетону по щільності компанії «Аерок» і основні напрямки зниження витрати цементу при виробництві газобетону за рахунок використання доменного гранульованого шлаку і природного гіпсового каменю. Наведено залежність збільшення витрати цементу в залежності від зниження щільності газобетону.
Розкрито особливості вдосконалення якості автоклавного газобетону на прикладі продукції компанії «Аерок» та показані шляхи підвищення карбонізаційної стійкості автоклавного газобетону через низьку щільність і високу паропроникність.
Ключові слова: стінові матеріали, енергоефективність газобетон, теплоізоляція.
Annotation. The article provides an analysis of the regulatory requirements regarding the thermal resistance of the walls of modern buildings. Comparison of regulatory requirements close to Ukraine in terms of climatic conditions in the Baltic States and Finland indicates a significant lag in the indicators of Ukrainian standards.
Based on the analysis of the structure of wall materials produced in Ukraine, a decrease in the volume of production of ceramic building bricks, expanded clay, which have lost their positions in the construction market due to the high-energy intensity of production and low thermo physical properties at the operation stage, and were displaced with autoclaved aerated concrete, is shown.
The trends in the production of autoclaved aerated concrete in Ukraine are shown. The high level of technology for the production of domestic aerated concrete is confirmed by the quality of the products of "Aeroc" company, which occupies the key indicators for the production of autoclaved aerated concrete of low density and high strength. On the territory of the post-Soviet countries the company was the first to start mass production of heat-insulating aerated concrete of the D150 brand, which has no analogues in the CIS, and aerated concrete of the D300 brand with a compressive strength class of C2.0. The structure of the production of aerated concrete by density of "Aeroc" company and the main directions of reducing the consumption of cement in the production of aerated concrete using granulated blast furnace slag and natural gypsum stone are shown. The dependence of the increase in cement consumption depending on the decrease in the density of aerated concrete is given.
The features of improving the quality of autoclaved aerated concrete on the example of the products of the company "Aeroc" are revealed and ways to increase the carbonization resistance of autoclaved aerated concrete due to low density and high vapor permeability are shown.
Key words: wall materials, energy efficiency aerated concrete, thermal insulation.

Введение

На сегодняшний день относительные объемы строительства жилья (м^2/чел в год) в Украине в последние двадцать лет согласно официальной статистике в 2-3 раза ниже, нежели в других странах постсоветского пространства, таких как Беларусь, РФ и Казахстан.

Вместе с тем, в Украине, по аналогии с развитыми странами, увеличивается доля жилья в индивидуальных малоэтажных домах (до 3-х этажей), она составляет в последние годы примерно 50… 53%, в странах ЕС, США, Канады – более 75%. Строительство малоэтажного жилья требует в разы больше стеновых энергоэффективных материалов.

Перед строительной отраслью Украины, вполне очевидно, стоит две важнейшие задачи. Первая – это необходимость существенного увеличения объемов строительства жилья. Вторая, не менее важная задача, это утепление существующего жилищного фонда. На сегодняшний день более 90% жилищного фонда Украины нуждается в утеплении. Жилой фонд состоит из 240 тыс. многоквартирных и около 6,5 млн. частных домов. На содержание 1м^2 жилой площади в Украине расходуется в 2,5-3 раза больше энергии, чем в развитых странах ЕС с такими же климатическими условиями.

Подходы к разработке нормативной базы

Вполне объяснимо то, что при разработке нормативной базы в строительстве ориентация всегда делалась на нормативы богатой на углеводороды России. Сравнение нормативных требований близких к Украине по климатическим условиям стран Балтии и Финляндии свидетельствует о значительном отставании показателей украинских нормативов. Если термическое сопротивление для стен первой климатической зоны в Украине составляет 3,3 м^2/К•Вт, совмещенного перекрытия 6,0 м^2/К•Вт и окон 0,75 м^2/К•Вт, то в вышеуказанных странах аналогичные показатели почти в 2 раза выше и соответственно составляют для стены – 5,88, перекрытия – 11,1 и окна – 1 м^2/К•Вт. При таком раскладе «оболочка» украинского дома, построенного сегодня, много лет будет терять почти в 2 раза больше тепловой энергии в зимний период. Даже при выполнении требований самых последних строительных норм. Решение проблем энергосбережения как бы переносится на последующие поколения. При чем, новые украинские нормативные требования [1] были введены в действие совершенно недавно – с 1 января 2017 года. Парадоксальность ситуации состоит и в том, что профильное строительное министерство постоянно занимало «догоняющую» позицию в разработке нормативной базы, касающейся энергосбережения в строительстве.

Энергопотребление зданий в европейских странах после мирового энергетического кризиса 1974 года, когда цены на нефть увеличились в течение 2 лет в 3 раза, стало доминирующим критерием качества строительного проекта. В мировой строительной практике появилось большое количество зданий, микрорайонов, построенных на основе различных энергетических концепций. Наибольшую известность получили такие: энергоэффективное здание (energy efficient building), здание с низким энергопотреблением (low energy building), здание с нулевым использованием энергии (zero energy building), пассивное здание (passive building).

Среди применяемых в настоящее время стандартов «зеленых» зданий можно выделить стандарты «BREEAM», «LEED», «DGNB». В их основе лежат нормативы энергии, воды, строительных материалов, использования земельных участков и др. «Зеленые» здания широко используются странами ЕС, Северной Америкой, Азии, Австралии и др.

Совсем недавно Минрегионом подготовлено прогрессивное распоряжение, которое было рассмотрено и принято 29 января 2020 года на заседании правительства Украины. В нем предусмотрены мероприятия, направленные на стимулирование на протяжении 2020-2030 годов застройщиков и владельцев зданий к переходу на строительство новых и реконструкцию существующих зданий с соблюдением высоких стандартов энергоэффективности – зданий с приближенным к нулевому уровню потребления энергии (ППЭЗ). На первом этапе (2020-2025 годы) предусматривается создание нормативно-правовой базы, определения целей, увеличения количества таких зданий. На втором этапе (2025-2030 годы) должен состояться переход к обязательному соблюдению стандартов ППЭЗ по объектам строительства и зданиям, в которых осуществляется реконструкция. Такие здания по уровню энергопотребления будут относятся к классу энергоэффективности «А+». Стоимость энергообеспечения таких построек не должна превышать 25% по сравнению со средними показателями затрат на энергообеспечение жилых или общественных зданий соответственно.

Реализация принятых решений позволит Украине, по аналогии с практикой стран ЕС, переходить на новые принципы проектирования энергоэффективных зданий, которые способны полностью или частично обеспечить себя энергией. Это потребует, в первую очередь, совершенствования технологий производства стеновых строительных материалов в части снижения энергоемкости их производства и повышения их энергоэффективности на стадии эксплуатации.

Вполне очевидно, что первоочередным действием должно стать повышение показателей нормативных требований ДБН к термическому сопротивлению ограждающих конструкций.

Сокращение объёма производства традиционного керамического кирпича по сравнению с 2007 годом составило более, чем в два раза (рис. 1). А если сравнить объемы производства 1991 года и 2018 года, то снижение производства становит 12 раз.

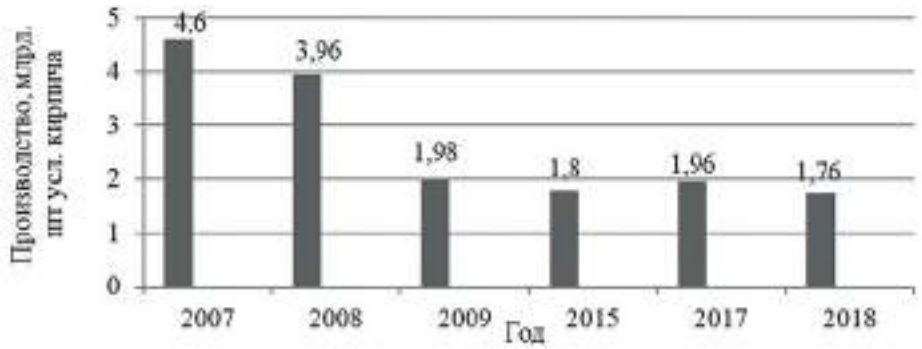


Рис. 1. Динамика производства керамического кирпича

Используемый поризованный керамический блок с коэффициентом теплопроводности 0,12-0,28 Вт/м•К, прочностью на сжатие 100-150 кгс/см^2 лишь частично восполняет потерю на строительном рынке традиционного керамического кирпича. По тем же причинам – из-за высокой энергетической составляющей при производстве и низких теплофизических характеристиках в условиях эксплуатации стремительно сократилось производство и использование керамзита и керамзитобетонных изделий.

Использование SIP-панелей для возведения жилых и коммерческих зданий в мире известно уже более 50 лет. В США, Канаде и Европе большая часть частных домов построено именно по SIP-технологии. В Украине эта технология пока не прижилась. Другие стеновые материалы – пенобетон, пустотные бетонные блоки с термовкладышами, арболитовые и опилкобетонные блоки, шлакоблоки, полистролбетонные блоки – не пользуются большим спросом у застройщиков. Освободившуюся нишу базовых стеновых материалов занял газобетон автоклавного твердения.

Тенденции производства автоклавного газобетона

Автоклавный газобетон – относительно новый строительный материал. В 1960 году в бывшем СССР производилось примерно 100 тыс. м^3 пенобетона естественного твердения. В конце 60-х в начале 70-х годов прошлого века, было закуплено 10 современных, на то время, заводов по производству газобетона автоклавного твердения в Польше. Польша, в свою очередь, купила завод у шведской компании «Siporex» с правом тиражирования оборудования, построила сеть заводов в своей стране, нарастив производственные мощности до 4 млн. м^3, и экспортировала уже свои заводы в СССР, Чехию, Словакию и другие страны. В начале 70-х годов в СССР началось строительство новых заводов по производству автоклавного газобетона на отечественном оборудовании, и их количество достигло 96.

В конце 90-х пик объемов производства автоклавного газобетона в бывшем СССР составил 6,6 млн. м^3. Стремительный рост производства изделий из газобетона начался в последние 15 лет во всех странах постсоветского пространства. Беларусь в 2014 году вышла на объём производства 3,2 млн. м^3. При этом до 40% произведенного газобетона она экспортировала. РФ в последние годы производит 13...14 млн. м^3 в год при наличии установленной мощности 74 заводов в 17,42 млн. м^3 газобетона. В Украине объем производства автоклавного газобетона в 2019 году составлял 3,9 млн м^3.

Высокий уровень технологии производства отечественного газобетона подтверждается качеством продукции компании «АЭРОК». Она первой на территории постсоветского пространства начала массовое производство теплоизоляционного газобетона марки D150, не имеющего аналогов в СНГ, и газобетона плотностью 300 кг/м^3 с классом прочности на сжатие С2,0.

В период с 2014 года по настоящее время производство теплоизоляционных панелей АЭРОК Energy плотностью 150 кг/м^3 составило 33 726 м^3, а стеновых конструкционных теплоизоляционных блоков АЭРОК D300 – 1 123 274 м^3. На рис. 2 представлен график распределения выпуска продукции компании «АЭРОК» по плотностям.

Анализируя существующую практику стран ЕС и опыт АЭРОК, можно сделать вывод, что современные реалии требуют увеличения объёмов производства и применения конструкционно-теплоизоляционного газобетона плотностью 300-400 кг/м^3 и ограничение производства «тяжёлого» газобетона плотностью 500 кг/м^3 и выше.

Последующее ожидаемое повышение нормативных требований к ограждающим конструкциям новых и существующих зданий потребует утепления стен негорючим минеральным экологически чистым утеплителем из газобетона D100-D150. Увеличение производства и применения теплоизоляционных газобетонов марки D100 и D150 обусловлено низким коэффициентом его теплопроводности (в сухом состоянии 0,045…0,055 Вт/(м·°С).

Автоклавный газобетон, по сравнению с традиционными стеновыми материалами, характеризуется более низкой энергоемкостью производства и более эффективен на стадии эксплуатации. Его доля в структуре стеновых материалов в Украине составляет 53%, в Германии вместе с эффективной керамикой он занимает первые места, как стеновой материал. Вместе с тем, и его производство является весьма энергоемким процессом, оно предусматривает автоклавную обработку при 190–195 °С в среде перегретого пара при давлении 1,2…1,4 МПа, помол песка, непрерывное его усреднение, использование энергоемких вяжущих (цемента и извести), транспортные затраты и др.

Снижение энергоемкости производства автоклавного газобетона

На рис. 3 приведены основные направления снижения энергозатрат производства газобетона. Отдельные из них являются общепринятыми на всех современных заводах: использование энергии конденсата для подогрева воды, отопления; использование возвратного шлама; снижение плотности продукции.

Рис. 3. Некоторые направления снижения энергоемкости производства автоклавного газобетона

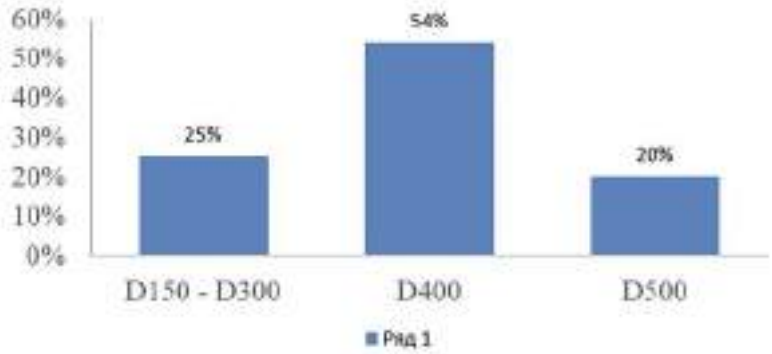


Рис.2. Распределение объёма выпуска газобетона «АЭРОК» по плотностям

Энергосбережение при автоклавировании газобетона

В процессе автоклавной обработки гидроксид кальция взаимодействует с силикатными компонентами, что ведет к образованию гидросиликатов кальция и выделения энергии (80 кДж/кг для тоберморита и 45 кДж/кг для ксонотлита) [2]. В результате чего обеспечивается дополнительный прогрев газобетонной массы и высвобождение свободной тепловой энергии. Данную энергию возможно в дальнейшем использовать при внедрении энергосберегающих режимов автоклавной обработки, таких как перепуск пара, нагрев камер набора пластической прочности, подогрева воды затворения, хозяйственных целей и др.

Передовые производители газобетона максимально используют энергию экзотермии в процессе автоклавирования газобетона, исключая или минимизируя выбросы пара в атмосферу. При автоклавировании газобетонных изделий после выхода на режим изотермической выдержки давление в автоклаве повышается на 0,25… 0,3 кгс/см^2 (0,025… 0,03 МПа). Срабатывает система автоматического регулирования давления пара в автоклаве. Компания «АЭРОК», как и передовые европейские производители автоклавного газобетона, совершенствует работу автоклавного отделения, используя этот резервный источник экономии энергии.

Эффективность снижения плотности газобетона

Мировые тенденции производства газобетона предусматривают снижение плотности газобетона при сохранении или даже повышении его прочности. На первый взгляд снижение плотности газобетона, например, с D600 до D300 обеспечивает последующее снижение материалоемкости примерно на 50% и дает большой эффект в экономии сырьевых материалов.

Но для производителя газобетона при производстве газобетона низкой плотности фактическая экономическая эффективность несколько иная. При снижении плотности газобетона толщина его межпоровых перегородок снижается, следовательно, возникает необходимость увеличения их прочности, а это возможно путем снижения В/Т отношения, увеличения расхода дорогостоящего вяжущего и оптимизации состава смеси.

На рис. 4 приведена зависимость «цементоемкости» газобетонных смесей в зависимости от плотности газобетона на примере производственных составов газобетона «АЭРОК».

Как видно из рис. 4, по мере снижения плотности газобетона стремительно увеличивается расход цемента на кг массы газобетона. Имеет место эффект «сообщающихся сосудов» – получая экономию энергии на стадии эксплуатации газобетона из-за низкой его плотности, необходимо увеличить потребление энергии на стадии его изготовления, увеличив «энергоемкость» вяжущего.

Наибольшие резервы снижения энергоемкости производства автоклавного газобетона связаны со снижением расхода цемента и извести. Хотя температура обжига извести значительно ниже, чем цемента, в существующих реалиях парадоксальным является то, что стоимость извести для украинского производителя газобетона даже выше, нежели стоимость цемента.

Экономия минерального вяжущего

Согласно [3] в качестве вяжущих для приготовления ячеистого бетона можно применять: портландцемент, шлакопортландцемент; известь-кипелку кальциевую; цементно-известковое (известково-цементное); известково-белитовое; высокоосновное зольное вяжущие; ДГШ совместно с активизаторами твердения; шлакощелочное, содержащее ДГШ. Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что оптимальным есть использование смеси цемента и извести.

В процессе автоклавной обработки все виды вяжущих согласно [3] при правильном расчете состава газобетонной смеси и режимов автоклавной обработки обеспечивают высокую прочность силикатного камня и этому вопросу посвящено множество научных исследований.

Прочность автоклавного газобетона зависит не только от прочности новообразований силикатного камня, а при переходе на производство газобетона плотностью D400 и ниже в большей мере зависит от правильности макропор, их размера и однородности распределения ячеистой структуры.

На стадии формования газобетонной смеси с различными видами вяжущего и минеральными добавками технологу необходимо учитывать многие технологические параметры смеси (расход компонентов и температуру смеси, сроки схватывания, вязкость смеси, соответствие сроков окончания газовыделения с началом схватывания смеси), которые обеспечивают образование качественной макроструктуры газобетона. В условиях промышленного производства автоклавного газобетона основные параметры смеси контролируются в автоматическом режиме с использованием специально разработанных программ.

Резательная технология производства автоклавного газобетона требует интенсивного прироста пластической прочности газобетонного сырца до автоклавной обработки. Пластическая прочность сырца должна быть достаточной для снятия бортов, кантования массива на 90 градусов и его калибровки. Передержка уже порезанных массивов до начала автоклавной обработки может приводить к снижению прочности автоклавированного газобетона до 30%.

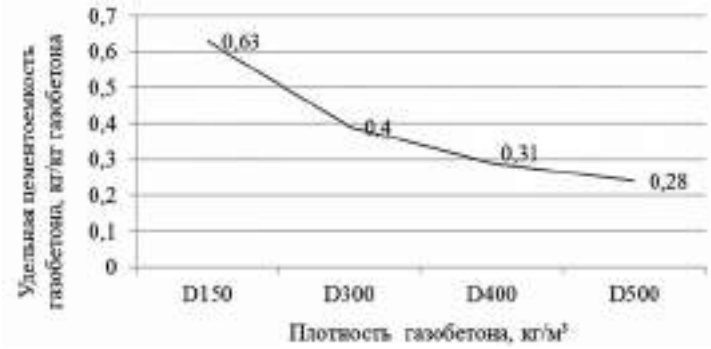


Рис. 4. Зависимость расхода цемента на кг массы газобетона в зависимости от его плотности

Применение доменного гранулированного шлака

Большой практический интерес для сокращения клинкерной составляющей автоклавного газобетона представляют минеральные добавки техногенного и природного происхождения. Наибольший гидравлический потенциал содержит доменный гранулированный шлак (ДГШ) при его использовании в качестве компонента цементных материалов.

При проведении исследований нами был использован ДГШ производства ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Его основные характеристики представлены согласно информации, приведенной в сертификате качества производителя шлака (табл. 1). Исследования проводились в два этапа. После лабораторных исследований и корректировки технологических параметров составов производилась формовка газобетона в промышленных условиях согласно технологическому регламенту предприятия.

Таблица 1.

Основные характеристики ДГШ ПАО «АрселорМиттал»

Влажность %	Химический состав						Содержание радионуклидов
	SiO2	Al_2O_3	CaO	MnO	MgO	TiO2	
	38,74	7,18	44,8	0,37	7,84	0,29	94
5,6	38,13	7,34	45,5	0,36	7,6	0,28	94
9,1	38,2	7,32	45,4	0,37	7,66	0,28	94

Молотый ДГШ выполняет функцию вяжущего, а также, отчасти, кремнеземистого компонента.

Современные газобетонные заводы работают по безотходной технологии, и срезанный газобетонный сырец в виде шлама постоянно возвращается для повторного использования. Как известно, возвратный шлам в составе сырьевой смеси выполняет функцию кристаллической затравки, повышает седиментационную устойчивость смеси, обеспечивает однородность плотности и прочности газобетона по всей высоте формовки.

Все отформованные смеси имели одинаковые характеристики, выдерживались в камере набора пластической прочности и подвергались автоклавной обработке в промышленном автоклаве в соответствии с технологическим регламентом, принятом на предприятии. Результаты исследований [4] влияния замены части портландцемента ДГШ приведены на рис. 5.

Как видно из рис. 5 замена портландцемента ДГШ приводит к экономии цемента, незначительному увеличению прочности газобетона при сжатии. Замена 5-15% цемента ДГШ одновременно решает несколько важных практических задач, таких как экономия цемента, утилизация отходов, косвенное снижение выбросов парниковых газов.

Использование ДГШ вместо части цемента, особенно при повышенной дозировке 15…20%, сказывается на кинетике прироста пластической прочности сырца до автоклавной обработки. В последствии, в условиях автоклавной обработки ДГШ активизируется щелочной составляющей вяжущего (известью, цементом, возвратным шламом) и сульфатной добавкой. Функцию сульфатной добавки выполняет гипсовый камень, который вводится в газобетонную смесь в количестве 3…5% при помоле песка.

Практика использования добавки гипса в цементе существует более 100 лет, он замедляет гидратацию не только цемента, но и, в большей мере, и извести. Проведенные стандартные исследования извести производства Любомирского силикатного завода показали ее активность (CaO + MgO) 80% и время гашения 6 минут, а наличие добавки гипсового камня приводит к существенному торможению процесса гидратации извести (рис.6).

Как видно из рис. 6, при дозировке гипса начиная с 1…2 % происходит существенное снижение температуры гидратации извести. При замедлении гидратации цемента и извести происходит выравнивание во времени процессов завершения газовыделения и начала схватывания смеси, исключается подсаживание смеси, выхлопы водовода, недоспучивание смеси.

Благодаря высокой температуре газобетонного массива (более 78 °С) в процессе формования смеси часть воды испаряется из нее в процессе набора пластической прочности до перемещения на пост резки. Согласно [5] алюминатная составляющая, содержащаяся в цементе (C_3A), в газообразователе (алюминиевой пудре), в ДГШ при наличии гипсовой добавки способствует образованию большого количества эттрингита.

Как известно, при наличии гипсового камня процесс гидратации C_3S замедляется и на поверхности зерен C_3A образуется оболочка эттрингита.

$$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3CaSO_4 \cdot 2H_2O + 26H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$$

При концентрации гидроксида кальция в поровой жидкости материала ниже 0,5 г/л, эттрингит кристаллизуется без существенного расширения, армирует и укрепляет макроструктуру сырца. Многими исследованиями доказано, что как только концентрация SO_3 в растворе уменьшается, эттрингит

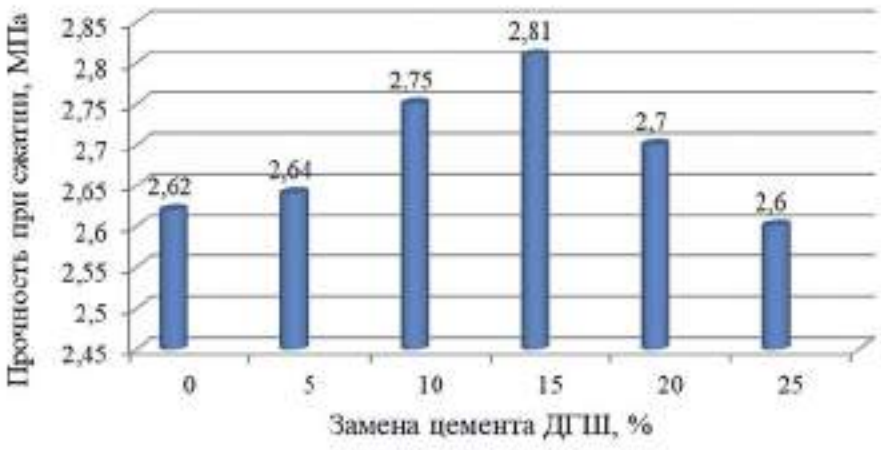


Рис. 5. Влияние замены портландцемента добавкой ДГШ и гипса на прочность автоклавного газобетона D300

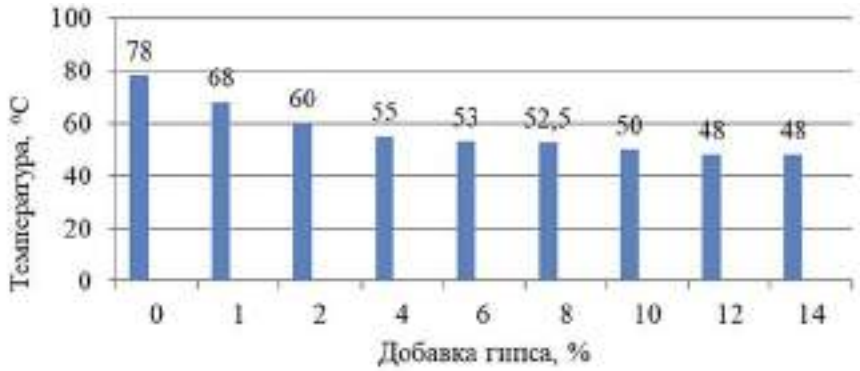


Рис. 6. Влияние добавки гипсового камня на температуру гидратации негашеной извести

становится нестабильным и превращается в моносульфат:

$$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O + 2\,(3CaO \cdot Al_2O_3) + 4H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$$

Многие исследователи сходятся на том, что эттрингит при повышенных температурах свыше 90 °С теряет воду и превращается в моносульфатную форму $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$, а при автоклавной обработке разрушается до ангидрита и уплотняет структуру новообразований.

Кристаллы эттрингита в виде длинных тонких игл, под микроскопом напоминают некоторые бациллы, поэтому в технической литературе он известный как «цементная бацилла». Он связывает свободную влагу, обеспечивает схватывание и укрепление макроструктуры газобетонной смеси и условно «армирует» газобетонную смесь на стадии роста пластической прочности.

Если схватывание смеси запаздывает, то пузырьки водорода «пронизывают» массив (называют это «кипением» массива) – смесь недовспучивается и, наоборот, когда схватывание уже состоялось, а газовыделение не завершилось, то происходят выхлопы газа и разрушение структуры газобетона.

На современных заводах оптимальные технологические параметры газобетонной смеси поддерживаются в автоматическом режиме и контролируются системой датчиков и программным обеспечением.

Искусственно синтезированный эттрингит на стадии формования газобетонной смеси низкой плотности обеспечивает необходимый прирост пластической прочности. Замена части цемента добавкой ДГШ и гипса позволяет экономить расход минерального вяжущего и вписывается в литьевую технологию производства газобетона.

Атмосферостойкость газобетона низкой плотности

Автоклавный газобетон плотностью 400 кг/м^3 и ниже следует рассматривать как относительно новый материал, который подвержен большему воздействию атмосферных факторов. Паропроницаемость газобетона по мере снижения его плотности D300; D150; D100 существенно увеличивается (рис. 7).

При повышении паропроницаемости газобетон может адсорбировать из атмосферы водяные пары, кислые газы, и, прежде всего, CO_2.

При переходе на производство газобетона низкой плотности при наличии влаги увеличивается вероятность карбонизации газобетона. Углекислый газ вступает в реакцию с $Ca(OH)_2$ и продуктами гидратации минерального вяжущего, что приводит к нейтрализации щелочной среды с образованием карбоната кальция (1) и (2).

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O \qquad (1)$$

$$CaO \cdot SiO2 \cdot H_2O + CO_2 + (n-1)\,H_2O = CaCO_3 + SiO2 \cdot nH_2O \qquad (2)$$

Продукты карбонизации $CaCO_3$ и SiO2 характеризуются низкой растворимостью в воде, потому они выполняют функцию кольматирующей добавки, особенно в плотных бетонах. Количественное соотношение $CaCO_3$ к SiO2 составляет примерно 5 к 1, поэтому основным кольматантом в данных условиях выступает карбонат кальция. Авторы [6] в условиях углекислотной агрессии рекомендуют при производстве газобетона применять

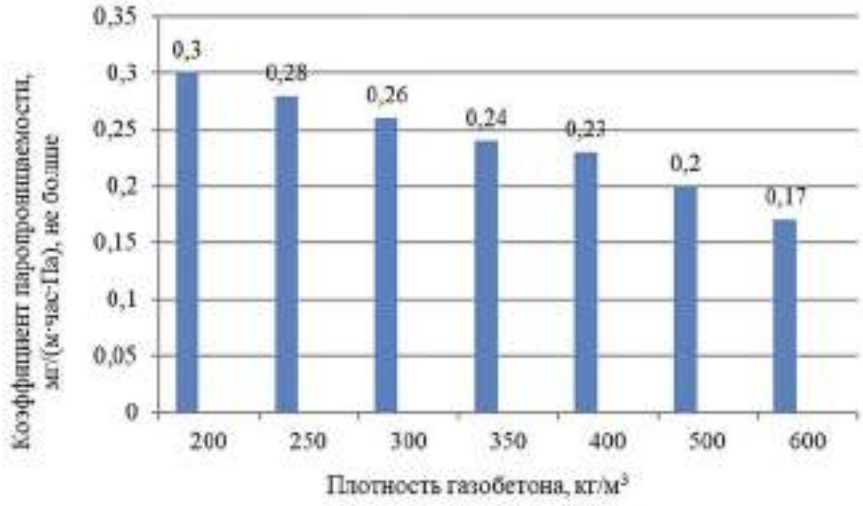


Рис. 7. Зависимость коэффициента паропроницаемости автоклавного газобетона от его плотности

высокоосновные цементы, так как при этом образуется максимальное количество $CaCO_3$, как кольматанта.

По данным [7] добавка известняка в цементе, аналогично добавке гипса, может регулировать и влиять на схватывание цемента и скорость реакций гидратации C_3A и C_3S. Установлено, что известняк не является инертным растворителем, а в процессе гидратации портландцемента реагирует с C_3A с образованием карбоалюминатов кальция. При этом имеет место образование, как высококарбонатной формы карбоалюмината $C_3A \cdot 3CaCO_3 \cdot 32H_2O$, так и низкокарбонатной $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$.

Эти новообразования, в определенной степени, являются аналогами высокосульфатной формы (эттрингита) и моносульфатной формы сульфоалюминатов кальция. Они выполняют важную роль на стадии формования макроструктуры газобетонного сырца при высоком В/Т отношении смеси.

В работах [8-10] подтверждается повышение стойкости газобетона против углекислотной коррозии при использовании карбонатных добавок, высококальциевых зол, добавки доломита.

При проведении промышленных испытаний в качестве добавки полифункционального действия нами была выбрана добавка опоковидного мергеля (ОМ), содержащая $CaCO_3$, SiO_2, Al_2O_3, которые принимают участие в автоклавном синтезе новообразований [11].

Таким образом, при оптимизации сырьевой смеси с использованием добавки гипсового камня и ДГШ достигается экономия вяжущего, а карбонатная составляющая смеси повышает атмосферостойкость газобетона низкой плотности.

При этом важная роль отводится логистике сырьевых компонентов и дополнительных технологических переделов по их использованию в технологии существующего предприятия. Экономическая эффективность будет определена после завершения комплекса всех исследований.

Выводы

В условиях необходимости увеличения объёмов строительства нового жилья при существующих тенденциях увеличения удельного веса строительства малоэтажного жилья возникает необходимость увеличения производства современных стеновых и теплоизоляционных материалов.

Повышение цен на энергоносители и нормативных требований к показателям термического сопротивления ограждающих конструкций привело к удалению со строительного рынка энергозатратных на стадии производства и не энергоэффективных на стадии эксплуатации традиционных стеновых материалов (кирпича керамического и силикатного, керамзита и керамзитобетона). Нишу традиционных стеновых материалов занял автоклавный газобетон, его удельный вес в структуре стеновых материалов Украины составляет 53%.

Нормативные требования термического сопротивления ограждающих конструкций в Украине существенно ниже аналогичных показателей европейских стран с такими же климатическими условиями. Реализация строительства новых и реконструкции (термомодернизации) существующих зданий с соблюдением высоких стандартов энергоэффективности – зданий с приближенным к нулевому уровню потребления энергии (ППЭЗ) требует незамедлительного повышения нормативных требований термического сопротивления ограждающих конструкций. В этой связи, в новой редакции государственных строительных норм должны быть отражены повышенные показатели термического сопротивления ограждающих конструкций.

Реализация европейских стандартов энергосбережения в производстве стеновых строительных материалов в новом строительстве и в утеплении существующего жилищного фонда требует увеличения объемов производства и применения энергоэффективного автоклавного газобетона до уровня европейских стран (200 $м^3$/тыс. чел в год), или примерно в 2 раза выше уровня его производства в 2019 году.

Относительно большие резервы снижения энергетических затрат производства автоклавного газобетона приходятся на совершенствование автоклавной обработки, переход производства автоклавного газобетона и использования ДГШ и гипса в качестве части минерального вяжущего.

Введение в состав газобетонной смеси карбонатной добавки обеспечивает повышение атмосферостойкости газобетона низкой плотности.

Компанией «АЭРОК» отработана технология производства автоклавного газобетона с широким диапазоном плотности. За счет оптимального соотношения компонентов смеси предусматривается искусственный синтез в относительно большом количестве эттрингита на стадии формования газобетонной смеси, который обеспечивает необходимый рост пластической прочности сырца, при сокращенном расходе цемента.

Литература:

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – Київ, Мінрегіонбуд України. – 2017. – 37 с.
2. Кафтаева М.В., Рахимбаев И.Ш Тепловыделение при синтезе гидросиликатной святки автоклавного газобетона/ Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. №10, 2013-С.373-376.
3. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона (СН 277-80). Госстрой СССР. М. Стройиздат. 1981. 46с.
4. Рудченко Д.Г., Дюжилова Н.О, Сердюк В.Р. Оцінка можливості застосування доменних гранульованих шлаків в технології виробництва автоклавного газобетону. Вісник ОДАБА. Випуск №79. 2020. –С.117-126.
5. Кудеярова Н.П., Ожерельева А.Ю. Влияние добавки гипса на качество композиционного вяжущего для изделий ячеистой структуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 6. С. 96–101.
6. Аниканова Т.В., Рахимбаев Ш.М., Кафтаева М.В. К вопросу о механизме углекислотной коррозии строительных материалов // Фундаментальные исследования. – 2015.– № 5-1. – С. 19-26.
7. Штарк Й., Бернд В. Цемент и известь / Пер. с нем. А. Тулаганова под ред. П. Кривенко. – К.: Оранта, 2008. – 480с.
8. Легостаева Н. В.,Нестерова Т. Ю. Механические свойства газобетона с добавками шлама карбоната кальция. Вестник ТГАСУ № 1, 2017. –С.155-161.
9. Божок Е.В., Вольф А.В. Маноха А.М. Козлова В.К. Пути снижения усадочных деформаций при твердении и службе газобетона. Ползуновский весник. № 2. 2017. –С.105-109.
10. Воробьев А.А., Елфимов В.И. Влияние карбонатных добавок на долговечность ячеистых бетонов. Весник РУДН, сер. Инженерные исследования, 2001, №1,-С.86-89.
11. Рудченко Д. Г. Теоретические предпосылки использования комплексной активной минеральной добавки в технологии автоклавного газобетона. Збіник наукових праць. Науковий вісник будівництва, ХНУБА. 2020, т. 100, №2. – С.201-209.

AEROC

Ідеальне утеплення вашого будинку

Дорогі колеги, партнери, друзі!

Колектив ТОВ «Завод теплоізоляційних матеріалів «ТЕХНО» від щирого серця бажає Вам, наші колеги і друзі, подолати всі труднощі і проблеми та вийти переможцями в Новому році.

SWEETONDALE

Життя внесло істотні корективи в реалізацію наших амбітних планів у зв'язку з обмежувальними заходами через введеного як в Україні, так і в країнах Європи, карантину. Пандемія коронавірусу (Covid-19) стала проблемою світового масштабу. Складно переоцінити наслідки пандемії для суспільства і бізнесу.

Коли у 2020 році український бізнес зіткнувся з таким новим для нас явищем, як тотальний карантин, думаю, більшість власників бізнесу навіть і не підозрювали, що це означає для них самих, і який колосальний обсяг роботи, перш за все управлінської та інтелектуальної, їм потрібно провести, щоб просто не зупинитися.

Найважливішим завданням було налагодити безперервну роботу виробництва по усьому ланцюгу створення цінності, починаючи з заказів клієнтів, планування випуску продукції та роботи постачальників. Ми успішно впоралися с завданням створення безпечних умов праці на кожному робочому місці, починаючи зі складу сировини, виробничої лінії та закінчуючи відвантаженням готової продукції усім клієнтам підприємства.

І досі ми переживаємо момент, коли корпоративні цінності, написані на яскравих веб-сторінках, підтверджують своє існування глибинним і абсолютно базовим людським потребам. Найголовніше для нас у цей непростий час – здоров'я персоналу і економічна стабільність підприємства.

ТОВ «Завод «ТЕХНО», м. Черкаси, щодня і щогодини виконує усі рекомендації, які дають провідні фахівці в галузі охорони здоров'я. Саме це дало можливість не припиняти виробничий процес і при цьому знаходити форми, що дозволяють не піддавати ризику самопочуття співробітників. Також криза, спричинена Covid-19, змістила фокус нашого бізнесу на негайне реагування потреб персоналу і бізнесу.

На жаль, на цей момент ще важко спрогнозувати тривалість цієї кризи, але в одному ми впевнені точно: ми пройдемо кризу, і в майбутньому ми будемо і надалі набагато краще адаптовані до викликів нової реальності.

Мушу зазначити, що минулий 2020 рік для нашого підприємства не став винятком в успішній низці подій, він приніс не тільки нові виклики, але й нові можливості. У підприємства з'явились нові напрямки роботи, наша продукція була вкрай необхідна на будівництвах в усіх регіонах України і країнах зарубіжжя, наша команда ще більше згуртувалася і зміцніла, а поряд з нами завжди були справжні професіонали в будівельній галузі – спеціалісти ДП «НДІБМВ», підтримка яких допомагає успішно розв'язувати проблеми не тільки нашого підприємства, але і підприємств усієї будівельної галузі України. Ми завжди можемо розраховувати на співробітництво зі спеціалістами і науковцями інституту та отримувати достовірні експериментальні дані від фахівців лабораторії інституту.

Олег Ходаківський, Генеральний директор
ТОВ «Завод теплоізоляційних матеріалів «ТЕХНО»

Завод теплоізоляційних матеріалів «ТЕХНО» знаходиться в центрі України. Завод «ТЕХНО» – одне із найбільших сучасних підприємств нашої держави з виготовлення мінераловатних теплоізоляційних виробів в будівельній промисловості. Сьогодні Завод «ТЕХНО» робить ще один крок до свого подальшого стрімкого розвитку. Інвестиції з Чехії відкривають двері до ринків Європи. Продукція заводу «Техно» сертифікована в Європі та відповідає її стандартам. Таким чином, існує нагода експортувати великий асортимент продукції до європейських країн.

Кожен новий рік ми, як в дитинстві, чекаємо на диво і сподіваємося на прогресивні зміни в державі, і в будівельній галузі, зокрема. Але не будемо забувати, що ми виросли разом зі своїми мріями і ці зміни ми впроваджуємо в життя самі, спираючись на високі показники продуктивності праці та культури безпеки. Ми завжди готові задовольнити вимоги ринку в якісних теплоізоляційних матеріалах.

Для досягнення поставлених цілей підприємству необхідно долати всі перешкоди і виклики, успішно усувати численні виробничі втрати. З року в рік в ТОВ «Завод «ТЕХНО» зміни і поліпшення відбуваються по всьому життєвому циклу продукції – від складання договорів на поставку сировини і комплектуючих до отримання грошових переказів на рахунок підприємства за покупку якісних теплоізоляційних матеріалів, тому хочеться висловити подяку всім співробітникам ТОВ «Завод «ТЕХНО».

Ставка на майстерність і професіоналізм привертає в нашу команду особливих людей. Тих, хто постійно прагне до вдосконалення і розуміє, що при правильному підході немає нічого неможливого, і це завжди призводить до успіху! Результат роботи заводу у 2020 році тісно пов'язані з виконанням завдань всього колективу – логістів, менеджерів, виробничого, персоналу складів, служби головного інженера, роботою дирекції з продажу та служби технічної підтримки.

Для нас ТОВ «Завод «ТЕХНО» – це інноваційний розвиток технології отримання мінераловатного волокна, постачальників сировини і покупців продукції. Підтвердженням роботи всього колективу стало успішне проведення сертифікаційного аудиту на відповідність вимогам міжнародних стандартів ISO 9001: 2015-го, ISO 1400: 12015, перехід на новий стандарт ISO 45001: 2018 у сфері охорони здоров'я і забезпечення безпеки праці.

Незмінним залишається наш фірмовий настрій домінувати на ринках продажів, бути лідером по продуктивності праці, в витратах і в отриманні прибутку. Дана стратегія є конкурентною перевагою ТОВ «Завод «ТЕХНО».

Ми сподіваємося, що подолаємо всі труднощі і проблеми, які постали перед нами, перед країною, і у нас неодмінно з'являться нові проекти і завдання, за якими будуть прийматися спільні і, зрозуміло, успішні рішення, а наші відносини з науковцями інституту, як завжди, будуть розвиватися стрімко і плідно.

З найкращими побажаннями, колектив ТОВ «Завод теплоізоляційніх матеріалів «ТЕХНО»

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-02
УДК 691.32

Дворкін Л. Й. Марчук В. В. Зятюк Ю. Ю.

Дворкін Л. Й., д.т.н., професор, зав. кафедрою технології будівельних виробів і матеріалознавства,
✉ l.i.dvorkin@nuwm.edu.ua ☎ +38 (068) 353 33 38;
Марчук В. В., к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства,
✉ v.v.mrchuk@nuwm.edu.ua ☎ +38 (097) 874 11 14;
Зятюк Ю.Ю., к.т.н., доцент
✉ y.y.ziatiuk@nuwm.edu.ua ☎ +38 (099) 258 81 88;
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Dvorkin Leonid, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Building Products Technology and Materials Science,
✉ l.i.dvorkin@nuwm.edu.ua ☎ +38 (068) 353 33 38;
Vitaliy Marchuk, Ph.D., Senior Lecturer, Department of Building Products Technology and Materials Science,
✉ v.v.mrchuk@nuwm.edu.ua ☎ +38 (097) 874 11 14;
Yu. Zyatuk, candidate of technical sciences, associate professor,
✉ y.y.ziatiuk@nuwm.edu.ua ☎ +38 (099) 258 81 88;
National University of Water and Environmental Engineering, Rivne.

ЦЕМЕНТНО-ШЛАКОВІ СУМІШІ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРУ

CEMENT SLAG CONCRETE FOR 3D PRINTER

ЦЕМЕНТНО-ШЛАКОВЫЕ СМЕСИ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРА

Анотація. У статті показана можливість отримання цементно-шлакових дрібнозернистих бетонних сумішей та бетонів, які можуть бути використані в якості робочих сумішей для 3D-принтера. Отриманий комплекс експериментально-статистичних моделей дозволяє прогнозувати вплив факторів, що характеризують склад суміші на основні властивості бетонів, що призначені для 3D бетонування. Розроблені склади сумішей дозволяють забезпечити необхідні значення терміну тужавлення, структурної міцності, міцності на розколювання та стиску у ранньому та проектному віці. Встановлений вплив доменного гранульованого шлаку та добавки прискорювача твердіння на комплекс властивостей запропонованих дрібнозернистих бетонів для 3D бетонування.
Ключові слова: портландцемент, доменний гранульований шлак, 3D будівельний принтер, адитивні технології, суперпластифікатор, прискорювач твердіння.
Abstract. The article shows the possibility of obtaining cement-slag fine-grained concrete mixtures and concretes, which can be used as working mixtures for a 3D printer. The resulting complex of experimental and statistical models makes it possible to predict the influence of factors characterizing the composition of the mixture on the main properties of concretes intended for 3D concreting. The developed compositions of mixtures make it possible to provide the required values of the setting time, structural strength, splitting and compression strength at an early and projected age. The influence of granulated blast-furnace slag and the addition of a hardening accelerator on the complex of properties of the proposed fine-grained concrete for 3D concreting has been established.
Key words: portland cement, blast furnace slag, 3D construction printer, additive technologies, superplasticizer, hardening accelerator.
Аннотация. В статье показана возможность получения цементно-шлаковых мелкозернистых бетонных смесей и бетонов, которые могут быть использованы в качестве рабочих смесей для 3D-принтера. Полученный комплекс экспериментально-статистических моделей позволяет прогнозировать влияние факторов, характеризующих состав смеси на основные свойства бетонов, предназначенных для 3D бетонирования. Разработанные составы смесей позволяют обеспечить требуемые значения срока схватывания, структурной прочности, прочности на раскалывание и сжатия в раннем и проектном возрасте. Установлено влияние доменного гранулированного шлака и добавки ускорителя твердения на комплекс свойств предложенных мелкозернистых бетонов для 3D бетонирования.
Ключевые слова: портландцемент, доменный гранулированный шлак, 3D строительный принтер, аддитивные технологии, суперпластификатор, ускоритель твердения.

Вступ

Однією з основних задач при застосуванні 3D-друку є підбір складів композиційних будівельних матеріалів, що відповідають необхідним експлуатаційним характеристикам будівлі, що зводиться, які задовольняли б вимогам технології екструзії. Найчастіше з цією метою використовують дрібнозернисті бетонні суміші, що володіють необхідною міцністю, морозостійкістю, підвищеними адгезійними і когезійними властивостями та швидкістю твердіння.

Ефективним напрямком зниження витрати в'яжучих в бетонах і регулювання їх будівельно-технічних властивостей є введення високоактивних мінеральних добавок [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останніми дослідженнями та публікаціями присвяченими адитивній технології встановлений рекомендований діапазон технічних вимог до будівельних сумішей для 3D-друку (табл. 1) [2-5].

На даний час виконано ряд розробок в яких рекомендовані суміші з урахуванням особливостей 3D-принтерів і споруд, що зводяться з їх застосуванням (табл.2) [2].

Таблиця 1.

Основні показники властивостей будівельних сумішей і бетонів на їх основі для 3d друку

№ з/п	Вимога	Функціональне призначення	Показник
1	Бетонні суміші		
1	Водоутримуюча здатність, %	Запобігання втрати вологи при транспортуванні і перемішуванні суміші	Не менш 97
1.2	Розшаровуваність, %	Забезпечення однорідності при виготовленні, транспортуванні по трубах і екструзії	Не більше 10
1.3	В'язкість, Па · с.	Забезпечення можливості транспортування по трубах і стабільного дозування суміші	109-1012
1.4	Структурна міцність, Па	Забезпечення заданої геометрії суміші при екструзії (відсутність обривів в процесі укладання)	Не менше 800
1.5	Швидкість тужавлення, хв	Забезпечення міцності нижнього шару перед укладанням наступного шару	Не більше 20 після екструзії
1.6	Рухомість суміші, по зануренню конуса, см	Забезпечення стабільної геометрії після екструзії	8…12
1.7	Рухомість суміші, по віскозиметру Суттарда, мм	Забезпечення стабільної геометрії після екструзії	150…170
2	Властивості бетону		
2.1	Міцність при стиску, МПа	Забезпечення міцнісних властивостей конструкцій	Не менше 20
2.2	Середня густина, кг / м^3	Забезпечення заданої ваги і міцності конструкцій	600-2000
2.3	Адгезія, МПа	Забезпечення зчеплення між шарами суміші для міцності і однорідності конструкції	Не менш 2
2.4	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Теплоізоляція елементів будівель	Не більше 0,7
2.5	Морозостійкість, цикли	Забезпечення довговічності конструкцій і стійкості до сезонних перепадів температур	Не менш 100

Таблиця 2.

Рекомендовані будівельні суміші для 3D-друку

№	Розробник	Матеріал	Густина, кг/м^3	Міцність МПа**		Переваги технології	Недоліки технології
				при згині	при стиску		
1	WinSun (Китай)	Цементно-піщана суміш з відходами від знесення будівель, скловолокнами і спеціальними добавками	2000-2200	8,2	34,5	Використовуються продукти переробки будівельних матеріалів, мікроармування	Вимагає великих виробничих площ і обслуговуючого персоналу, наявність нефункціональної опалубки, нерівна вертикальна поверхня
2	АМТ-СПЕЦ-АВІА (Росія)	Високоміцна цементна суміш, піщаний скло-фібробетон М300	2200-2350	-*	від 30	Мікроармування, варіативність матеріалів	Наявність нефункціональної опалубки, нерівна вертикальна поверхня
3	StroyBot (3D Printer)	Геополімерний бетон з домішками вулканічного попелу	2100-2250	-	-	Використання місцевої сировини для бетонних сумішей	Нерівна вертикальна поверхня
4	Bet-Abram (Словенія)	Торкретбетон з піщаним (0-4 мм) і гравійним (4-8 мм) заповнювачами	2300-2350	-	-	Наявність в складі протиусадочних добавок	Нефункціональна опалубка
5	Contour Crafting Corp. (США)	Цементний розчин для опалубки, бетон для конструктції	2250	-	45-50	Вирівняна вертикальна поверхня, армування	Низька міцність між шарами
6	ApisCor (Росія)	Дрібнозернистий фібробетон B20 F200 W6	2050	-	27,4	Мікроармування	Нерівна вертикальна поверхня, обмеження по висоті 3,3 м
7	Loughborough University (Велика Британія)	Цементний бетон	2250-2350	12-13	100-110	Висока міцність, армування конструктцій	Нерівна вертикальна поверхня
8	CyBe Construction (Нідерланди)	Цементний бетон	2200	6	45	Вирівняна вертикальна поверхня, швидке тужавлення і твердіння шарів	Несинхронізовані подача суміші і рух голівки принтера
9	Batiprint 3D (Франція)	Пінополіуретанова опалубка, заповнена бетоном	30	-	0,16	Опалубка виконує теплоізоляційну функцію	Неконтрольовані геометричні параметри конструкцій, нерівна вертикальна поверхня, яка потребує захисту від зовнішнього впливу
10	DUS Archi-tects (Нідер-ланди)	Вторинний пластик для опалубки, полегшений бетон	-	-	-	Використовується вторинна сировина	Тривалість процесу виготовлення опалубки
11	MIT Media Lab (США)	Пінополіуретанова опалубка, заповнена бетоном	-	-	-	Мобільність екструдера, опалубка виконує теплоізоляційну функцію, виконується одночасне армування конструкцій	Неконтрольовані геометричні параметри конструкцій, нерівна вертикальна поверхня, яка потребує захисту від зовнішнього впливу

* – дані не приведені.
** – після випробування стандартних відформованих зразків або вирубок при навантаженні перпендикулярно сформованому шару.

Мета даної роботи полягала в отриманні комплексу експериментально-статистичних моделей, що дозволяють визначити вплив окремих технологічних факторів на нормовані властивості цементно-шлакових сумішей для 3D принтерів.

Аналіз експериментальних досліджень

У наших дослідженнях в якості вихідних матеріалів дрібнозернистих бетонів для 3D-друку використовували портландцемент І-типу М500 ПАТ «Волинь-цемент»; доменний гранульований шлак (ДГШ) Криворізького металургійного комбінату, хімічний склад якого (%): SiO_2 – 39,51; Al_2O_3 – 6,47; Fe_2O – 30,14; CaO – 47,19; MgO – 3,12; SO_3 – 1,76; MnO – 1,14; в.п.п. – 0,59, модуль основності – M_o – 1,27, модуль активності – M_a – 0,16, коефіцієнт якості – $K_я$ – 1,44. Заповнювач бетонів – кварцовий пісок з модулем крупності $M_{кр}$ = 2,1 відповідав вимогам ДСТУ Б В.2.7-32. Хімічними добавками служили прискорювач твердіння сульфат натрію Na_2SO_4 (ПТ) і суперпластифікатор (СП) полікарбоксилатного типу Melflux 2651F (0,3 % від маси в'яжучого). Суміші для визначення властивостей цементно-шлакових бетонних сумішей виготовляли за допомогою лабораторного 3D-принтера (рис. 1).

Рис. 1. Лабораторний принтер

Витрату води підбирали для отримання сумішей придатних для екструзійного формування, необхідна рухомість суміші по зануренню стандартного конуса становила – 8…10 см. Структурна міцність бетонної суміші визначалася на приладі (рис. 2, 3), що дозволяє вимірювати питомі навантаження в Па, які витримує суміш через певний проміжок часу, необхідний для формування одного шару. Випробування властивостей дрібнозернистих бетонних сумішей та бетонів проводили згідно з ДСТУ Б В.2.7-176:2009.

Для оцінки впливу основних факторів та вибору оптимальних параметрів складу сумішей були проведені алгоритмізовані експерименти відповідно до типового трирівневого трьохфакторного плану B_3 [6].

Матеріали та методи досліджень

Умови планування експериментів наведені в табл. 3. Матриця планування та експериментальні результати наведені в табл. 4 та табл. 5.

Основним завданням було визначити вплив факторів на формуємість, термін придатності (початок тужавлення), структурну міцність (через 10, 25 та 40 хв після замішування), міцність на стиск у віці 3 та 28 діб, міцність на розтяг при розколюванні.

Після обробки і статистичного аналізу експериментальних даних отримали рівняння регресії властивостей бетонних сумішей та бетонів, які наведені у табл. 6.

Таблиця 3.

Умови планування експериментів

Фактори впливу		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральний вид	Кодований	–1	0	+ 1	
Вміст ДГШ у в'яжучій суміші, %, (ДГШ)	X_1	50	40	30	-10
Вміст добавки прискорювача твердіння, % від мас. в'яж. (ПТ)	X_2	0	1	2	1
Вміст в'яжучого, кг/м^3, (В'яж)	X_3	300	400	500	100

Рис. 2. Прилад для визначення структурної міцності бетонів екструдованих 3D принтером

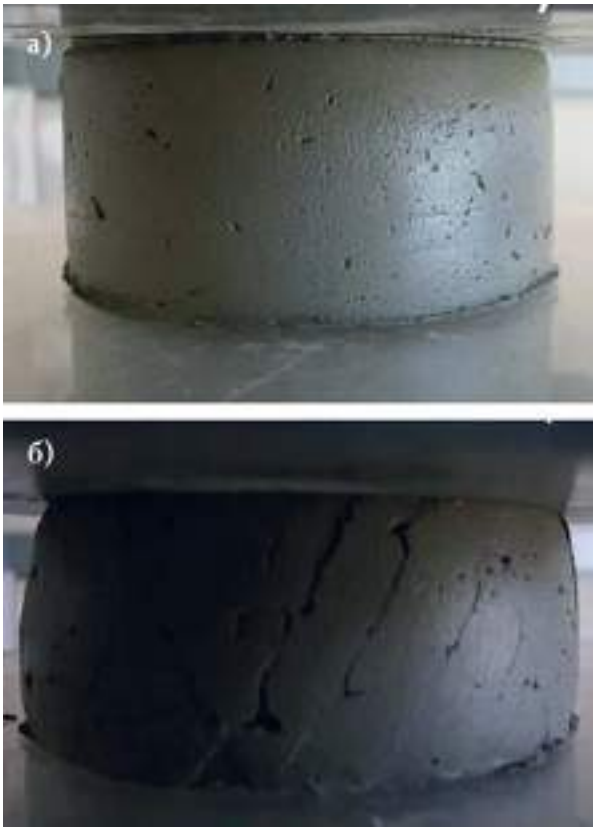


Рис. 3. Приклад визначення структурної міцності: а) зразок витримує навантаження (забезпечується структурна міцність), б) зразок руйнується

Таблиця 4.

Матриця планування та склад сумішей для 3D принтеру

№	Значення факторів						Склад суміші, кг/м³				Витрата води, л/м³
	Кодовані			Натуральні							
	X_1	X_2	X_3	ДГШ, %	ПТ, %	Вяж, кг/м³	ПЦ	ДГШ	ПТ	Пісок	
1	1	1	1	30	0,6	500	350	150	10	1318	333
2	1	1	-1	30	0,6	300	90	90	6	2006	180
3	1	-1	1	30	0	500	150	150	0	1470	347
4	1	-1	-1	30	0	300	90	90	0	1995	188
5	-1	1	1	50	0,6	500	250	250	10	1315	333
6	-1	1	-1	50	0,6	300	150	150	6	1902	180
7	-1	-1	1	50	0	500	250	250	0	1296	347
8	-1	-1	-1	50	0	300	150	150	0	1891	188
9	1	0	0	30	0,3	400	120	120	4	1772	250
10	-1	0	0	50	0,3	400	200	200	4	1699	225
11	0	1	0	40	0,6	400	160	160	8	1669	260
12	0	-1	0	40	0	400	160	160	0	1749	235
13	0	0	1	40	0,3	500	200	200	5	1411	333
14	0	0	-1	40	0,3	300	120	120	3	1959	180
15	0	0	0	40	0,3	400	160	160	4	1769	225
16	0	0	0	40	0,3	400	160	160	4	1769	225
17	0	0	0	40	0,3	400	160	160	4	1769	225

Таблиця 5.

Експериментальні результати досліджень властивостей сумішей для 3D принтеру

№	Термін придатності хв	Структурна міцність. Па, після замішування			Міцність у віці 3 діб, МПа		Міцність у віці 28 діб, МПа	
		10 хв	25 хв	40 хв	на р.р.* f_{tn}^{3}	на стиск f_{cm}^{3}	на р.р. f_{cm}^{28}	на стиск f_{cm}^{28}
1	35	5320	8513	15160	6,6	19,7	9,3	32,7
2	60	3780	5679	10700	4,5	10,8	6,7	21,2
3	85	3916	5482	9225	5,7	16,9	8,1	27,6
4	145	2730	4096	7000	3,9	7,8	6,1	19,5
5	70	4600	6916	12300	4,9	13,8	6,6	19,4
6	95	3356	5034	9125	4,1	8,8	5	13,4
7	120	3426	5139	7480	4,4	13,1	6,1	17,1
8	160	2521	3781	6545	3,5	7,8	4,8	9,4
9	55	3637	5455	9375	4,3	12,9	7,7	21,7
10	85	3177	4765	7710	3,6	10,6	5,1	16,4
11	50	4020	6030	11230	4,7	12	6,5	20,5
12	120	2900	4350	6970	4,0	12,7	6,5	18,5
13	50	4002	6003	9880	6,3	17,8	8,7	28,5
14	95	2782	4173	7180	4,2	9,4	5,2	13,0
15	65	3275	4913	8240	5,0	10,9	7,2	21,7
16	70	3300	4950	8260	4,7	10,6	6,9	21,4
17	65	3310	4965	8200	4,9	10,8	7,1	21,6

Таблиця 6.

Рівняння регресії властивостей бетонних сумішей та бетонів для 3D принтеру

Вихідні параметри	Статистичні моделі	
Термін придатності, хв	$T = 66{,}4 - 15{,}0 \cdot X_1 - 32{,}0 \cdot X_2 - 19{,}5 \cdot X_3 + 4{,}1 \cdot X_1^2 + 19{,}1 \cdot X_2^2 + 6{,}6 \cdot X_3^2 - 2{,}5 \cdot X_1X_2 - 2{,}5 \cdot X_1X_3 + 6{,}3 \cdot X_2X_3$	(1)
Структурна міцність. Па, через 10 хв після замішування	$P_m = 3295 + 230 \cdot X_1 + 558 \cdot X_2 + 610 \cdot X_3 + 124 \cdot X_1^2 + 177 \cdot + X_2^2 + 108 \cdot X_3^2 + 55 \cdot X_1X_2 + 72 \cdot X_1X_3 + 87 \cdot X_2X_3$	(2)
Структурна міцність. Па, через 40 хв після замішування	$P_m = 8258 + 830 \cdot X_1 + 2130 \cdot X_2 + 1350 \cdot X_3 + 296 \cdot X_1^2 + 853 \cdot X_2^2 + 283 \cdot X_3^2 + 280 \cdot X_1X_2 + 322 \cdot X_1X_3 + 560 \cdot X_2X_3$	(3)
Міцність на стиск у віці 3 діб	$f_{cm} = 11{,}66 + 1{,}4 \cdot X_1 + 0{,}68 \cdot X_2 + 3{,}67 \cdot X_3 - 0{,}537 \cdot X_1^2 + 0{,}063 \cdot X_2^2 + 1{,}313 \cdot X_3^2 + 0{,}513 \cdot X_1X_2 + 0{,}963 \cdot X_1X_3 - 0{,}062 \cdot X_2X_3$	(4)
Міцність на розтяг при розколюванні у віці 28 діб	$f_{tn} = 6{,}89 + 1{,}03 \cdot X_1 + 0{,}25 \cdot X_2 + 1{,}1 \cdot X_3 - 0{,}328 \cdot X_1^2 - 0{,}228 \cdot X_2^2 + 0{,}222 \cdot X_3^2 + 0{,}138 \cdot X_1X_2 + 0{,}213 \cdot X_1X_3 + 0{,}113 \cdot X_2X_3$	(5)
Міцність на стиск у віці 28 діб	$f_{cm} = 20{,}74 + 4{,}7 \cdot X_1 + 1{,}51 \cdot X_2 + 4{,}88 \cdot X_3 - 1{,}01 \cdot X_1^2 - 0{,}56 \cdot X_2^2 + 0{,}69 \cdot X_3^2 + 0{,}06 \cdot X_1X_2 + 0{,}74 \cdot X_1X_3 + 0{,}21 \cdot X_2X_3$	(6)

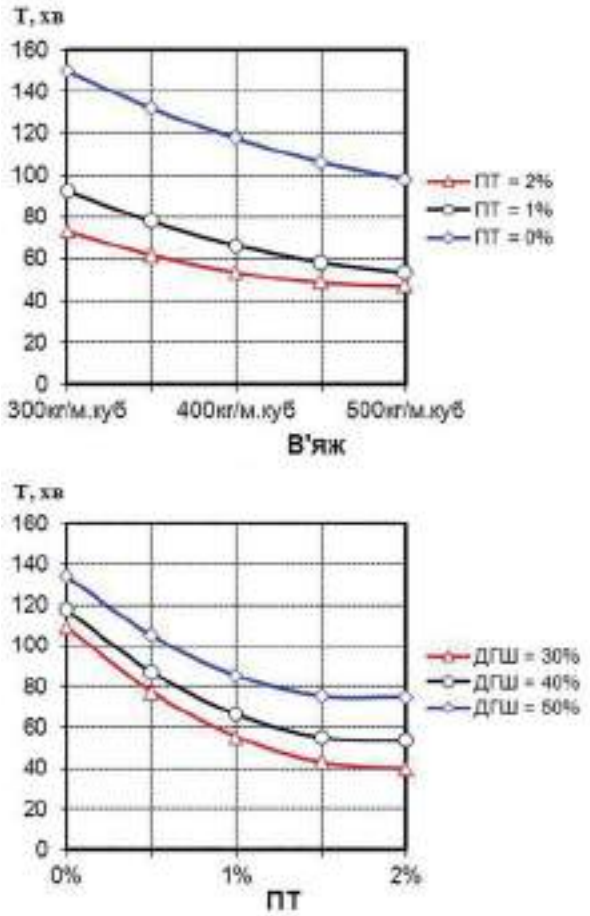


Рис. 4. Графічні залежності показника терміну придатності (формуємості) бетонів для 3D принтеру з використанням ДГШ та добавки прискорювача твердіння

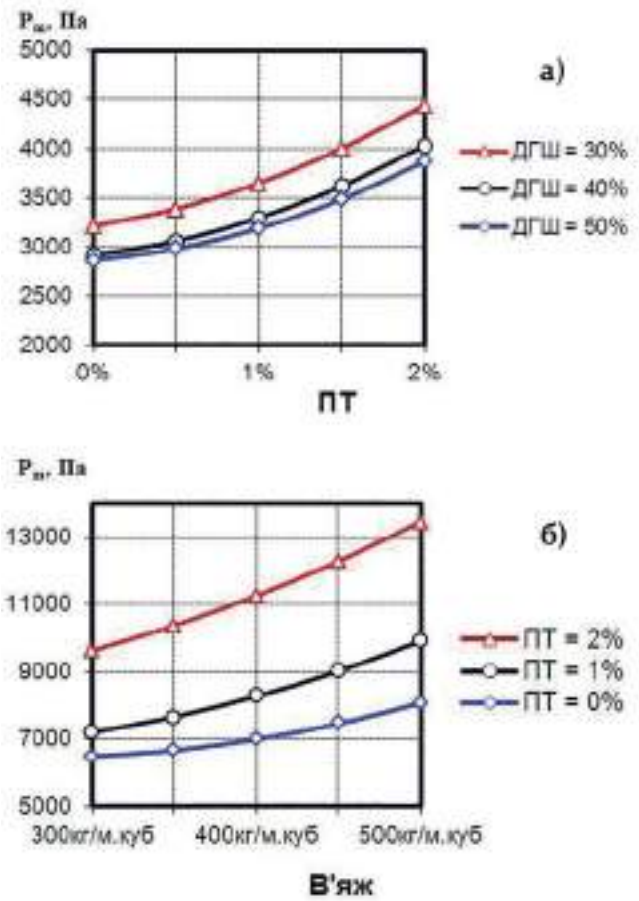


Рис. 5. Графічні залежності структурної міцності бетонів через 10 хв (а) та 40 хв (б)

На основі отриманих результатів було побудовано графічні залежності (рис. 4-9) властивостей бетонних сумішей та бетонів з використанням ДГШ та добавки прискорювача твердіння.

Термін придатності сумішей на основі доменного гранульованого шлаку зменшується з 2,5 год до 40…45 хв при витраті в'яжучого 500 кг/м^3, мінімальній частці ДГШ у в'яжучому (30 %) та використанні добавки прискорювача твердіння у кількості 2 % від в'яжучого (рис. 4). Слід відмітити, що більш суттєвий вплив прискорювача спостерігається при дозуванні до 1 %, а при подальшому підвищення його вмісту позитивний характер спостерігається тільки за умови мінімальної частки ДГШ у в'яжучому. Суттєве зниження терміну придатності досягається при збільшення кількості цементно-шлакового в'яжучого.

З рис. 6 помітно, що бетони показують найменші значення міцності на стиск у віці 3 діб при відсутності в складі добавки прискорювача твердіння та мінімальному вмісті в'яжучого. За умови введення ПТ і поступового зниження частки ДГШ спостерігається більш активний ріст міцності при витраті добавки прискорювача твердіння. Збільшення вмісту в'яжучого у суміші зумовлює значно більш стрімке підвищення міцності, в порівняні із збільшенням частки ПТ, що має лінійний характер впливу.

Згідно рис. 7 для міцності бетонів на розтяг при розколюванні у віці 28 діб визначальним є вміст в'яжучого та частка ДГШ в ньому. Збільшення кількості в'яжучого з 300 до 500 кг/м^{3}дозволяє підвищувати міцність на 35…40 % при мінімальному вмісті ДГШ, а в сумішах з максимальною часткою шлаку спостерігається ріст міцності на 25…30 %. Також слід відмітити позитивний ефект введення добавки прискорювача твердіння.

Аналіз моделей (табл..6) показує, що у діапазоні варіювання досліджуваних факторів міцність бетонів для 3D принтеру при стиску, які містять ДГШ та добавку прискорювача твердіння, коливається в межах 9,4…32,7 МПа. Досліджувані фактори за впливом на величину міцності можна розмістити у наступний спадаючий ряд: В'яж > ДГШ >> ПТ, також спостерігається суттєвий вплив ефектів взаємодії таких факторів, як вміст в'яжучого та шлаку.

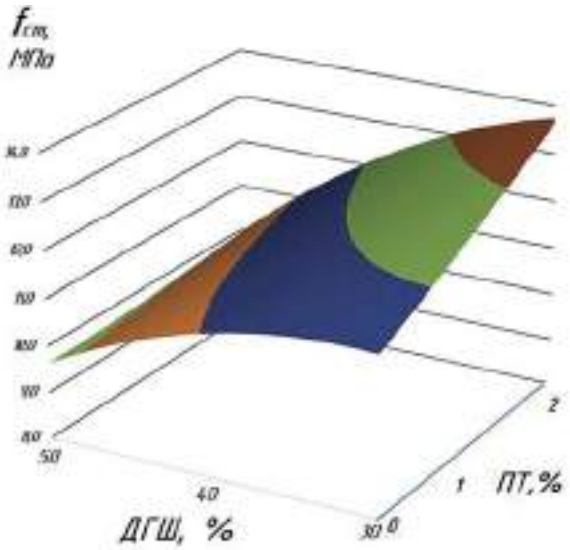


Рис. 6. Поверхня відгуку міцності на стиск у віці 3 діб сумішей для 3D принтеру з використанням ДГШ та добавки прискорювача твердіння

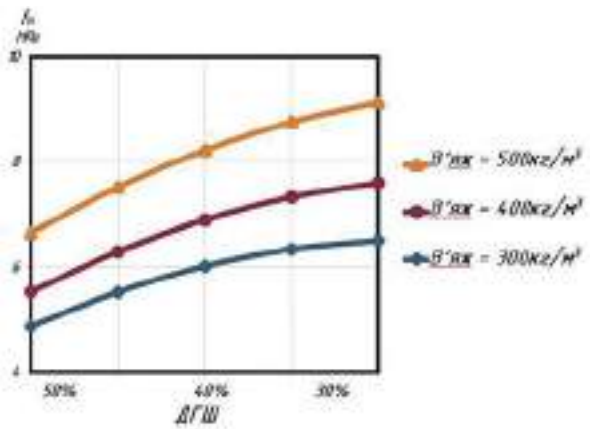


Рис. 7. Графічні залежності міцності на розтяг при розколюванні у віці 28 діб бетону для 3D принтеру з використанням ДГШ та добавки прискорювача твердіння

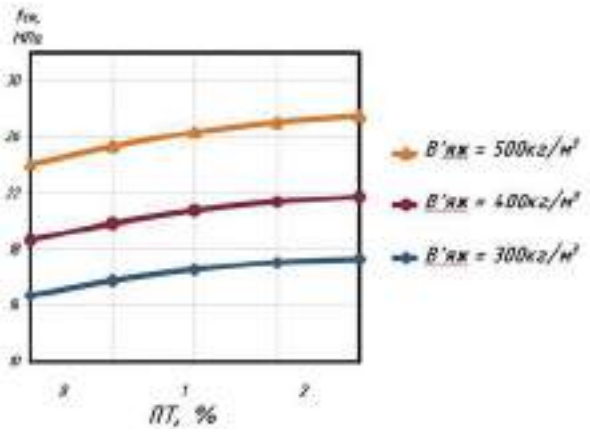


Рис. 8. Графічні залежності міцності на стиск у віці 28 діб бетону для 3D принтеру

Згідно отриманих графічних залежностей (рис. 8) при зниженні частки ДГШ з 50% до 40 % від в'яжучого та поступовому збільшенні в'яжучого з 300 кг/м^3 до 500 кг/м^3 спостерігається підвищення марочної міцності бетонів на 35…40 % при вмісті ДГШ 40…50 % та на 15…20 % при мінімальній частці шлаку. З рисунків помітно, що вплив добавки прискорювача твердіння має також позитивний характер, який більш суттєво проявляється при максимальному вмісті в'яжучого. При цьому ефективним дозуванням є вміст – 0,7…1,3 %, подальше збільшення не призводить до суттєвого росту міцності.

Висновки

Використання в'яжучого, що містить 30…40 % меленого доменного гранульованого шлаку та прискорювач твердіння у кількості 1…2 % дозоляє отримати суміші придатні для 3D-друку. Підвищений вміст ПТ понад 1 % від маси в'яжучого призводить до збільшення міцності при стиску і розколюванні бетону, а також структурної міцності. Збільшення частки ДГШ у в'яжучій суміші супроводжується деяким збільшенням водопотреби суміші для забезпечення необхідної екструзійності та спадом міцності.

Термін придатності сумішей для 3D бетонування на основі доменного гранульованого шлаку зменшується з 2,5 год до 40…45 хв при витраті в'яжучого 500 кг/м^3, мінімальній частці ДГШ у в'яжучому (30 %) та використанні добавки прискорювача твердіння у кількості 2 % від в'яжучого.

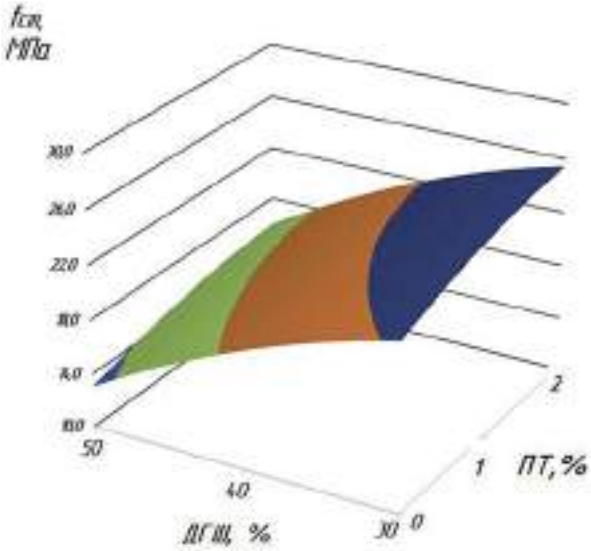


Рис. 9. Поверхня відгуку міцності на стиск у віці 28 діб сумішей для 3D принтеру з використанням ДГШ та добавки прискорювача твердіння

Міцність бетонів для 3D принтеру при стиску, які містять ДГШ та добавку прискорювача твердіння, коливається в межах 9,4…32,7 МПа. При зниженні частки ДГШ з 50 % до 40 % від маси в'яжучого та поступовому збільшенні її з 300 кг/м^3 до 500 кг/м^3 спостерігається підвищення марочної міцності бетонів на 35…40% при вмісті ДГШ 40…50 % та на 15…20 % при мінімальній частці шлаку. Позитивний характер впливу добавки ПТ є більш суттєвим при максимальному вмісті в'яжучого.

Література:

1. Дворкин Л.И. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. / Л.И. Дворкин, В.И. Соломатов, В.Н. Выровой // – К.:Будівельник, 1991 – 136с.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В., З. Тхань Куй Анализ существующих техноло-гических решений 3d-печати в строительстве DOI:10.22227/1997-0935.2018.7.863-876
3. Wang Yo., Wu H.C., Li V.C. Concrete reinforcement with recycled fibers // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2000. – № 4-12. – С. 314–319.
4. Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Сорокина Е.А. Влияние добавки термомодифицированного торфа на технологические свойства строительных смесей для 3d-печати. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018; (4):122-134.
5. Warszawski A., Navon R. Implementation of robotics in building: Current status and future prospects // Journal of construction Engineering and Management. 1998. № 124 . P. 31-41.
6. L. Dvorkin, O. Dvorkin, Y. Ribakov / Mathematical experiments planning in concrete technology. Nova Science Publishers. 2011.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-03
УДК 666.94

Гев`юк І. М. Кропивницька Т. П.

Гев`юк І. М., к.т.н., начальник лабораторії,
✉ labcem@ifcem.if.ua ☎ +38 067 344 84 30
ПрАТ «Івано-Франківськцемент»,
с. Ямниця, 77244, Україна.
Кропивницька Т. П., д.т.н.,
доцент кафедри будівельного виробництва
✉ tkropyvnytska@ukr.net, ☎ +38 096-57-47-212,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна.

I. Geviuk, PhD, head of testing laboratory,
✉ labcem@ifcem.if.ua ☎ +38 067 344 84 30
JSC «Ivano-Frankivsk Cement»,
Yamnytsya, 77422, Ukraine.
T. Kropyvnytska, Dr.Sc,
assistant professor of department of building production
✉ tkropyvnytska@ukr.net, ☎ +38 096-57-47-212
Lviv Polytechnic National University,
12 S. Bandery str., Lviv, 79013, Ukraine.

ШВИДКОТВЕРДНУЧИЙ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ВИРОБНИЦТВА ПрАТ «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ» – НОВА ЯКІСТЬ

RAPID HARDENING BLAST FURNACE CEMENT OF JSC "IVANO-FRANKIVSKCEMENT" PRODUCTION – NEW QUALITY

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЙ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ПРОИЗВОДСТВА ПАО «ИВАНО-ФРАНКОВСКЦЕМЕНТ» – НОВОЕ КАЧЕСТВО

Анотація. У статті проаналізовано досвід широкого використання портландцементів з добавкою гранульованного доменного шлаку. Наведено дані про властивості швидкотверднучого шлакопортландцементу з високою ранньою міцністю виробництва ПрАТ «Івано-Франківськцемент». Показано, що висока якість та швидкість тверднення шлакопортландцементу досягаються за рахунок формування дрібнокристалічної мікроструктури клінкеру, оптимізації гранулометричного складу, а також високого технічного рівня роботи заводу та строгої системи контролю технологічних параметрів процесу виробництва.
Ключові слова: високотехнологічне підприємство, гранульований доменний шлак, шлакопортландцемент з високою ранньою міцністю, сульфатостійкість.
Annotation. The article analyzes the experience of widespread use of Portland cement with the addition of granular blast furnace slag. It is presented the data of the properties of innovative rapid hardening blast furnace cements with high early strength) of PSC "Ivano-Frankivsk Cement" production. It is shown that high quality and rapid hardening of blast furnace cements are achieved due to the formation of fine crystalline microstructure of clinker and optimization of main constituents and granulometric composition of cements, as well as a high technical level of the plant and a strict system of control of technological parameters of production processes.
Keywords: high-tech enterprise, granular blast furnace slag, blast furnace cements with high early strength, sulfate resistance.
Аннотация. В статье проанализирован опыт широкого использования портландцементов с добавкой гранулированного доменного шлака. Приведены данные о свойствах инновационных портландцементов с высокой ранней прочностью производства ПАО «Ивано-Франковскцемент». Показано, что высокое качество и скорость твердения шлакопортландцемента достигается за счет формирования мелкокристаллической микроструктуры клинкера, оптимизации гранулометрического состава цементов, а также высокого технического уровня работы завода и строгой системы контроля технологических параметров процессов производства.
Ключевые слова: высокотехнологическое предприятие, гранулированный доменный шлак, шлакопортландцемент з високой ранней прочностью, сульфатостойкость.

Постановка проблеми

У світовому контексті для скорочення матеріальних та енергетичних витрат і обмеження емісії CO_2 виробники цементів прагнуть до зниження клінкер-фактору та одночасного підвищення якості бетонів, що визначає пошук структурно-логічних та екологічних шляхів заміни частини портландцементного клінкеру на активні мінеральні добавки [1-3]. Раціональним вирішенням цієї проблеми є шлакопортландцементи нової якості.

Гранульований доменний шлак (ГДШ) є одним з головних неклінкерних компонентів, які застосовуються при виробництві цементу протягом багатьох років. Згідно Технологічної дорожньої карти CEMBUREAU гранульовані доменні шлаки є найпоширенішими цементозаміщуючими матеріалами техногенного походження (487 Мт/рік) і їх використання сьогодні у цементній галузі становить 13,0 %. Хімічний склад доменного гранульованого шлаку представлений такими основними оксидами як CaO, SiO_2, Al_2O_3 і MgO, що складають до 92-96 % його маси. Такі самі компоненти створюють і основні фази портландцементного клінкеру. Наявність прихованих гідравлічних властивостей стала головною передумовою широкого застосування доменного гранульованого шлаку в цементній промисловості [4-6].

В значній мірі зниження активності традиційного шлакопортландцементу зумовлено заміною частини портландцементного клінкеру на гранульований доменний шлак та більш загрублений помел. При цьому спостерігається сповільнення кінетики набору міцності, суттєве водовідділення, лущення бетону через поперемінне заморожування і відтавання [7, 8]. Дослідженнями встановлено, що в шлакопортландцементі ШПЦ III/А-400 збільшення вмісту доменного гранульованого шлаку із збереженням активності в`яжучого компенсується більш тонким помелом (90 % фракції до 42,54 мкм). В шлакопортландцементі ШПЦ III/Б-300 із збільшеним вмістом шлаку при майже незмінному розподілі зерен за фракціями порівняно з шлакопортландцементом ШПЦ III/А-400 активність знижується до 30 МПа.

Швидкість процесів гідратації і міцність цементного каменю залежить від гранулометричного складу в'яжучого [9]. Найбільш ефективною для отримання міцного цементного каменю є фракція розміром 3–30 мкм. Дослідженнями M. Oleskow [10] показано, що покращення технічних властивостей таких цементів досягається за рахунок збільшення вмісту дрібної фракції розміром до 10 мкм, так як саме дрібнодис-

Рис. 1. Технологічна лінія з випуску портландцементного клінкеру ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

персні частинки ГДШ в складі шлаковмісного цементу пришвидшують його гідратацію у ранньому віці, що призводить до збільшення кінетики наростання міцності порівняно із аналогічними складами цементу з вмістом ГДШ грубої фракції 10–40 мкм. При використанні фракцій мінеральних добавок та наповнювачів з підвищеною поверхневою енергією у цементуючих матеріалах з'являється значна площа розділу фаз, що забезпечуватиме їх фізико-хімічну та механо-хімічну активність, внаслідок чого можуть принципово змінюватися процеси структуроутворення і синтезу міцності.

Підвищення дисперсності ГДШ також дозволяє вирішити проблему його пониженої реакційної здатності. Коефіцієнт гідравлічної активності, який характеризує 28-денну активність ГДШ і визначається як відношення ($CaO + 1,4\ MgO + 0,56\ Al_2O_3$)/ SiO_2 , знаходиться в межах 1,65–1,85 [11]. Разом з тим, якщо такий показник ГДШ нижчий 1,65, то виникає необхідність додаткового розмелення або зменшення його кількості в складі цементу. В той же час, розмелоздатність ГДШ, як правило, нижча від портландцементного клінкеру, тому при сумісному помелі частики ГДШ концентруються у грубшій фракції. Якісні гранулометричні характеристики шлакових цементів забезпечуються шляхом більш тонкого подрібнення в кульових млинах з сепараторами із замкнутим циклом розмелення. В той же час, в кульовому млині лише 5 % енергії витрачається на помел, а решта розсіюється на тепло, шум, вібрації. Як правило, на помел витрачається 60 % енергоспоживання заводу (45 % – помел цементу). При зростанні питомої поверхні цементу від 250 до 400 $м^2$/кг енергозатрати на помел цементу зростають від 29 до 65 кВт•год/т, тобто в 2,24 рази. Таким чином, тонкий помел цементу коштує досить дорого. Разом з тим, енергозатрати на помел (104…234 МДж/т) порівняно з витратою палива на випал портландцементного клінкеру за мокрим і сухим способами в межах 3200…6500 МДж/т є на порядок нижчі. Тому окупність більш тонкомолотих шлакових цементів з пониженим вмістом клінкерного фонду не викликає сумнівів.

Провідне підприємство в цементній галузі – ПрАТ «Івано-Франківськцемент» – у 2017 році завершило введення в дію нової технологічної лінії з випуску портландцементного клінкеру і стало найпотужнішим виробником цементу в Україні (рис. 1).

ПрАТ «Івано-Франківськцемент» використовує енергозберігаючу та високопродуктивну технологію «сухий» спосіб і широко впроваджує досягнення науки і техніки та передовий досвід у виробничі процеси. Використання сучасної технології помелу в замкненому циклі дозволило значно збільшити потужності виробництва та одержувати широкий асортимент цементів шляхом як сумісного, так і роздільного помелу клінкеру і добавок в млинах з сепараторами останнього покоління (рис. 2). Процеси виготовлення цементів перебувають під контролем аналітичної техніки; найсучасніше обладнання лабораторії та контролю технологічного процесу дозволяє системно забезпечувати якість сировинної суміші, клінкеру та безпосередньо самого цементу на високому рівні [12]. У процесі виробництва шлакопортландцементу необхідно постійно проводити оцінку якості гранульованного доменного шлаку, оптимізацію гранулометричного складу з врахуванням механізму гідратації цементу та характеру набору міцності.

Рис. 2. Млин з сепараторами компанії Christian Pfeiffer

Результати досліджень

Для проведення досліджень використано шлакопортландцемент CEM III/A-S 32,5 R ПрАТ «Івано-Франківськцемент» на основі портландцементного клінкеру нормованого мінералогічного складу (мас.%: C_3S – 59,31; C_2S – 14,66; C_3A – 7,07; C_4AF – 12,35; вміст лужних оксидів у перерахунку на Na_2Oe – 0,63). Завдяки унікальній сировинній базі для виробництва портландцементного клінкеру ПрАТ «Івано-Франківськцемент», яка містить мергелі (30–40 % мергель-натурал), суміш легко спікається, що сприяє утворенню аліту у вигляді переважної кількості дрібних кристалів розміром 15–20 мкм з тонкорозподіленою матрицею клінкерних фаз C_3A і C_4AF (рис. 3). Це визначає високу активність портландцементного клінкеру (52–54 МПа) та створює можливість одержання шлакопортландцементу з високою ранньою міцністю.

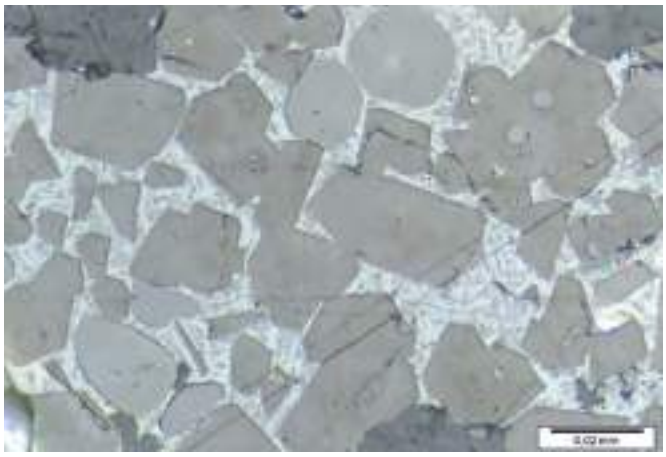


Рис. 3. Мікроструктура портландцементного клінкеру ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

В якості основного мінерального складника гідравлічної дії застосовано гранульовані доменні шлаки (ГДШ) підприємств: ПАТ «Арселор Мітал», «ММК ім. Ілліча», «Екран-Сервіс», «Восток-Ресурс». За хімічним складом ГДШ відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-302:2014 і відноситься до основних. ГДШ ПАТ «Арселор Мітал» Криворізького гірничо-металургійного комбінату характеризується найменшим вмістом CaO і близький до нейтральних. За коефіцієнтом якості (К = 1,33…1,45) досліджувані ГДШ відносяться до малоактивних. Проведеними випробуваннями згідно з ДСТУ Б EN 196-1:2015 встановлено, що найвищою активністю (R_{C28} = 18,2 МПа) характеризується ГДШ ПАТ «Арселор Мітал» (A_{008} = 19,4 %). В той же час, міцність ГДШ інших підприємств є нижчою в 1,4-2,0 рази. Для стандартного цементно-піщаного розчину (50 % ПЦ І-500 + 50 % ГДШ) границя міцності на стиск через 7 та 28 діб складає відповідно 18,0 та 36,7 МПа. За показником активності згідно з ДСТУ Б В.2.7-302:2014 (EN 15167- 1:2006) ГДШ «Арселор Мітал» належить до третього класу (72 %). Мікрофотографія та мікрозондовий рентгеноспектральний аналіз ГДШ наведено на рис. 4.

За допомогою лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000 визначено гранулометричний склад шлакопортландцементу CEM III/A-S 32,5 R. Згідно даних лазерної гранулометрії (табл. 1), шлакопортландцемент CEM III/A-S 32,5 R характеризується високим вмістом (24,89 %) тонкодисперсної фракції менше 5,0 мкм; середній діаметр зерен за об'ємом D[4;3] відповідає 18,3 мкм, а середній діаметр частинок за площею питомої поверхні D[3;2] – 3,68 мкм. Отже, основний вклад у питому поверхню цементів вносять саме дрібні частинки розміром до 5 мкм.

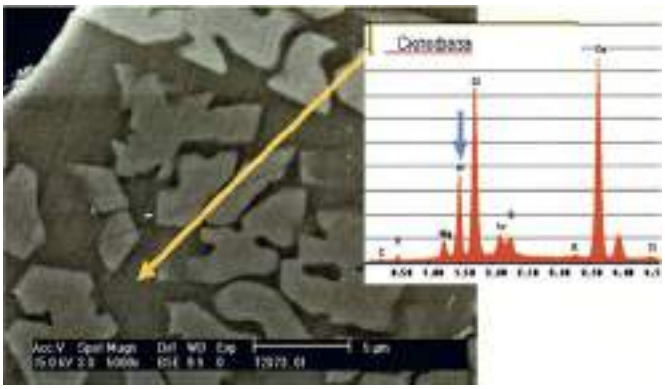


Рис. 4. Мікрофотографія та мікрозондовий рентгеноспектральний аналіз ГДШ [13]

Високий вміст високодисперсних частинок (24,89 %) визначає підвищену площу поверхні шлакопортландцементу ($S_{пит}$ = 4060 см²/г) та поверхневу енергію. Як видно з рис. 5, для ГДШ спостерігається мономодальний розподіл частинок з максимумом D_{max} = 20 мкм і з вмістом високодисперсної фракції до 1,0 мкм в кількості 6,32 об. %. Тонка фракція гранульованного доменного шлаку сприяє підвищенню пластичності цементного тіста та активності цементу, збільшуючи міцність цементуючої матриці.

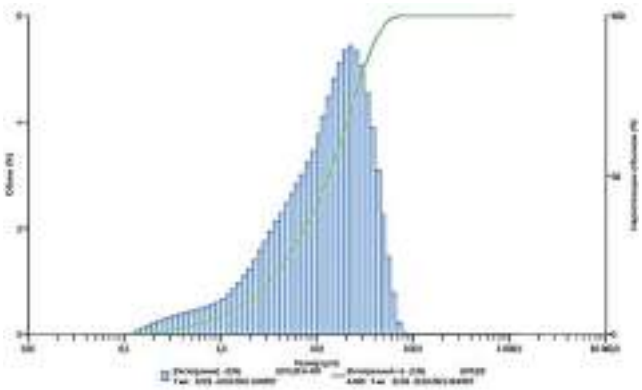


Рис. 5. Гістограма гранулометричного складу шлакопортландцементу

Основні показники шлакопортландцементу CEM III/A-S 32,5 R (ШПЦ III/A-400P), виготовленого на основі клінкеру нормованого мінералогічного складу згідно з EN 197-1:2011 та ДСТУ Б В.2.7-46:2010, наведені в табл. 2. Звідси видно, що границя міцності на стиск через 2 доби складає 16,7 та 19,2 МПа, а через 28 діб – 51,1 та 49,8 МПа відповідно. За рахунок підвищеної дисперсності ($S_{пит}$ = 4060 см²/г) та оптимізованого гранулометричного складу створюється можливість збільшення швидкості тверднення шлакопортландцементу та отримання підвищених показників стандартної міцності. Значний резерв міцності у віці 28 діб (перевищення марочної міцності на 25 %) створює можливість економії цементу при будівельних роботах.

Шлакопортландцемент CEM III/A-S 32,5 R із вмістом гранульованного доменного шлаку (55 мас. %) має світлий колір, а ефективність його використання проявляється передусім у збільшенні стандартної та довготривалої міцності після 28 діб тверднення, мінімізації об'ємних і усадочних деформацій при бетонуванні масивних конструкцій з огляду на низьке тепловиділення при твердненні, високій водо- та корозійній стійкості, а також відсутності висолоутворення.

Таблиця 1.

Гранулометричний склад шлакопортландцементу CEM III/A-S 32,5 R ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

Цемент	$S_{пит}$, см²/г	Ø <5 мкм, %	Ø <10 мкм, %	Ø <20 мкм, %	D[3;2] мкм	D[4;3] мкм	D_v(10) мкм	D_v(50) мкм	D_v(90) мкм
CEM III/A-S	4060	24,89	43,26	65,39	3,68	18,3	1,86	13,9	41,5

Таблиця 2.

Основні властивості шлакопортландцементу з високою ранньою міцністю CEM III/A-S 32,5 R (ШПЦ III/A-400Р)

Показник		Вимоги EN 197-1 (ДСТУ Б В.2.7-46)	Значення
Речовинний склад цементу, мас. %		Клінкер – 45,0 ГДШ – 55,0	Клінкер – 45,0 ГДШ – 55,0
Питома поверхня за Блейном, $см^2/г$		–	4060
Залишок на ситі 45 мкм, %		–	2,5
Нормальна густота тіста, %		–	30,8
Терміни тужавлення, хв	початок	≥60	190
	кінець	– (не менше 10 год)	282
Розплив конуса, мм		– (не менше 106 мм)	180 (118)
Міцність при стиску, МПа	2 доби	≥ 10,0 (15,0)	16,7 (19,2)
	7 діб	-	28,9 (32,6)
	28 діб	≥ 32,5 ≤ 42,5 (40,0)	51,1 (49,8)

На ПрАТ «Івано-Франківськцемент» виготовляється сульфатостійкий шлакопортландцемент гарантованої марки 400, умовне позначення: ШПЦ-СС 400-Д60. Сульфатостійкий шлакопортландцемент виробництва ПрАТ «Івано-Франківськцемент» марки 400 може застосовуватися для виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій, надземних, підземних, підводних споруд, будівельних розчинів. Особливо ефективне його застосування в гідротехнічному будівництві (морському і річковому). Внаслідок пониженого тепловиділення і підвищеної жаростійкості шлакопортландцемент використовують при виготовленні масивних споруд, а також конструкції гарячих цехів. Важливою характеристикою в умовах централізованого приготування бетонних сумішей є їх здатність до збереження властивостей в часі. Із збільшенням вмісту гранульованого доменного шлаку в складі шлакопортландцементу початок тужавіння відтягується, що важливо при тривалому транспортуванні бетонних сумішей до об'єкту будівництва, особливо влітку в умовах підвищених температур.

Бетонна суміш на основі ШПЦ III/A на 30–40% довше зберігає запроектовану марку за легкоукладальністю порівняно з портландцементом ПЦ II/A-Ш-400, що має важливе значення при бетонуванні в літній період. Шлакомісні цементи в порівнянні з чистоклінкерними характеризуються високою міцністю в подальші терміни тверднення, хімічною стійкістю до дії агресивних середовищ, високою термостійкістю, постійністю зміни об'єму, стійкістю до стирання та сульфатної агресії.

Сульфатостійкий шлакопортландцемент забезпечує покращені міцнісні характеристики бетону, підвищену корозійну стійкістю відносно проникнення хлоридів, дозволяє зменшити та пом'якшити сульфатну корозію, крім цього знижує можливість реакції луг-кремнезем. Понижений клінкер-фактор у шлакопортландцементі CEM III/A-S 32,5 R сприяє зниженню емісії CO_2 у процесі його виробництва в 2,2 рази на 1 т цементу (екологічний ефект).

Висновки

1. Висока якість інноваційного шлакопортландцементу загальнобудівельного призначення ПрАТ «Івано-Франківськцемент» забезпечується за рахунок регламентованого фазового складу та дрібнокристалічної мікроструктури портландцементного клінкеру, оптимізованого гранулометричного складу цементу та впровадження строгої системи контролю технологічних параметрів процесів виробництва.

2. Шлакопортландцемент характеризується низькою теплотою гідратації та забезпечує високу стійкістю до дії агресивного сульфатного середовища, високу водонепроникність бетону та характеризується меншими деформаціями усадки порівняно з портландцементом типу CEM I.

3. Шлакопортландцемент з нормованим мінералогічним складом доцільно використовувати для виготовлення бетонів, збірних та монолітних залізобетонних конструкцій, в дорожньому будівництві, а також для будівельних конструкцій з особливими вимогами щодо впливу агресивних середовищ; завдяки пониженому тепловиділенню створюється можливість його застосовування при бетонуванні масивних споруд у гідротехнічному будівництві.

Література:

1. Schneider M. The cement industry on the way to low-carbon future. Cement and Concrete Research. 2019. 124. P. 1–19.
2. Scrivener K. L., John V. M., Gartner E. M. et al. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO_2 cement-based materials industry // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 114. P. 2-26.
3. Круць Т.М., Гев'юк І.М., Саницький М.А., Кропивницька Т.П. Принципи стратегії сталого розвитку в цементній промисловості // Будівельні матеріали та вироби. – 2015. – № 3-4. – С. 16-19.
4. Giergiczny Z. Fly ash and slag. Cement and Concrete Research. 2019. 124. P. 1–18.
5. Ушеров-Маршак А., Гергичны З., Малолепши Я. Шлакопортландцемент и бетон. Харьков, «Колорит», 2004. – 160 с.
6. Kovalenko M. Технический семинар ПАО "ХайдельбергЦемент Украина». Kryvyi Rih, 2013.
7. Саницький М.А., Соболь Х.С., Марків Т.Є. Модифіковані композиційні цементи: навч. посіб. – Л.: Вид-во Львів. політехніки, 2010. – 132 с.
8. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини: підручник / В.І. Гоц, В. В. Павлюк, П. С. Шилюк – К.: Основа, 2016. – 568 с.
9. Саницький М.А., Марків Т.Є., Кропивницька Т.П. Вплив добавки доменного гранульованого шлаку на формування структури і властивостей модифікованого цементного каменю і бетону. Технический семинар ПАО "ХайдельбергЦемент Украина». Kryvyi Rih, 2013.
10. Oleskow M. The influence of particle size of granulated blast furnace slag on the hydration of slag Portland cement and its properties // Cement and its application. 2018. №6. P. 86–92.
11. Штарк Й. Щелочная коррозия бетона / Перевод с немецкого А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. – Киев, 2010. – 166 с.
12. Гевьюк И.Н. Модернизация производства и лаборатории на ПАО «Ивано-Франковскцемент» // Цемент и его применение. – 2012. – №1. – С. 142-145.
13. VDZ «Practical and theoretical training of VDZ». Raw material preparation and grinding, 2016.

СВІТОВИЙ АВТОРИТЕТ У СУЧАСНІЙ НАУЦІ ПРО ЦЕМЕНТИ

До 90-річчя професора Вєслава Курдовскі

Професор Вєслав Курдовскі, безперечно, є світовим авторитетом у сучасній галузі в'яжучих матеріалів та цементних композитів. Наукові здобутки професора Курдовського є вражаючими. Протягом усього періоду своєї професійної кар'єри професор проводив енергійну наукову діяльність, що знайшло відображення у понад 250 оригінальних публікаціях у польських та світових наукових журналах, 5 книгах та монографіях. Професор В. Курдовські – не тільки видатний авторитет у хімії цементу та технології будівельних матеріалів, але також чудовий педагог, викладач прикладних наук, що користується широкою повагою та визнанням, пристрасний вихователь, що підтримує розвиток молодого покоління вчених, він підготував 16 докторів наук. Така багатогранність та активність професора Курдовскі як творця наукового життя, що виконує багато відповідальних функцій в академічному середовищі та в промисловості, вражає. Прямий доказ його вкладу в науку і технологію цементу, бетону, кераміки і скла – дві фундаментальні монографії. Перша – «Хімія цементу і бетону» на польській та англійській мовах енциклопедично охоплює весь спектр питань клінкероутворення, гідратації клінкерних фаз і цементу, хімічних і мінеральних добавок, звичайних і спеціальних цементів, традиційних і нових бетонів. Друга – «Хімічні основи мінеральних будівельних матеріалів та їх властивостей» присвячена висвітленню основ будівельного матеріалознавства, зокрема деяких розділів фізичної та колоїдної хімії, кристалохімії, термодинаміки та ін.

Творчий шлях в науку і технологію будівельних матеріалів автор монографій почав в одному з провідних польських ВНЗ – Краківській гірничо-металургійній академії – AGH (польське скорочення). 1949–1955 роки навчання в напрямку мінералогії та цементів завершилися ступенем інженера. Пізніше до 1980 року робота в інституті в'яжучих матеріалів в Ополе і Кракові, яка була присвячена дослідженням процесів клінкероутворення та ін. Формуванню європейського наукового рівня сприяли стажування в Брюсселі і Парижі. 1980-2001 роки – період активної науково-педагогічної діяльності в AGH. В. Курдовскі розробляє швидкотверднучі, розширні та ін. цементи, вирішує завдання економії паливно-енергетичних ресурсів, підвищення корозійної стійкості бетону. Професор консультує практично всі польські цементні заводи. За його безпосередньої участі розвивається цементна промисловість Алжиру, Тунісу, Лівії та Іраку. З 2001 року проф. Курдовскі – співробітник інституту кераміки та будматеріалів у Кракові.

Постійні і плідні його міжнародні контакти з відомими вченими – професорами Х. Тейлором (Англія), Й. Штарком (Німеччина), Я. Скальни (США), М. Регур (Франція), П.-К. Айчіним (Канада), Т. Кузнецовою (РФ). Тісні і дружні стосунки пов'язували В. Курдовскі з вченими СНД – професорами В. Тимашовим, А. Бойковою, О. Мчедловим-Петросяном та ін. У 1995 р польському колезі

присвоєно звання почесного професора Харківського університету будівництва і архітектури. Професор В. Курдовскі також підтримує творчі зв'язки з Львівською політехнікою.

Професор В. Курдовскі – незмінний учасник міжнародних конгресів з хімії цементу. Перша доповідь на актуальну тему «Швидкотвердіючий і високоміцний цемент з одного клінкеру» він представив в 1974 на конгресі в Москві. На конгресах в Парижі, Ріо-де-Жанейро, Нью-Делі він – член наукових комітетів. Більше 50 років тому професор заснував і став головним редактором міжнародного видання – журналу «Cement-Wapno-Beton» (CWB). Сьогодні це двомовний польсько-англійський журнал, публікації в якому відображаються в науковій базі Scopus. Кожен випуск CWB формується з статей вчених різних країн після суворого рецензування. Авторитет видання став підставою для занесення в Філадельфійський список престижних наукових журналів світу. Сьогодні у готується нове видання професора – «Довідник технолога цементного виробництва».

Висока позиція вченого підкріплюється прекрасними людськими якостями. Щирість, доброзичливість, обов'язковість – риси інтелігентної, навіть аристократично влаштованої людини. На конференціях і семінарах це не просто високий ерудит, а вчений, який прагне до наукової об'єктивності, передачі свого досвіду представникам науки та виробництва. У вільний від наукових занять час Вєслав Курдовскі – душа компанії. Дивує знання цікавих, в т.ч. пікантних історій, жартів, анекдотів на різних мовах. Приємно чути з його вуст пісні Вертинського, Бернеса, Висоцького. Неодмінно при цьому дегустація хорошого французького вина.

Служіння науці – сенс і зміст життєдіяльності талановитого вченого і прекрасної людини Вєслава Курдовскі, чий ювілей відзначається 11 травня 2021 р.

У дні ювілею бажаємо професору Вєславу Курдовскі міцного здоров'я, невичерпної енергії та оптимізму.

О. Ушеров-Маршак, професор, Національний університет будівництва і архітектури, Харків, Україна

М. Саницький, професор, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Вєслав Курдовскі

Учасники Міжнародної конференції «IBAUSIL-18» 12-14 вересня 2012 р., Веймар

Учасники Міжнародної конференції, Харків

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-04
УДК 666.9

Безуглий А. О.

Кріпка Л. М.

Безуглий А. О., к.е.н.,
директор ДП «ДерждорНДІ»,
пр. Перемоги, 57, м. Київ, 03113,
✉ dorteh3@ukr.net ☎ +38 (044) 456 34 15.
Кріпка Л. М., керівник департаменту науково-технічної
і юридичної інформації Асоціації «Укрцемент»,
вул. Дегтярівська, 33А, м.Київ, 03057,
✉ techno@ukrcement.com.ua ☎ +38 (044) 393 43 77.

Artem Bezugly, Candidate of Economic Sciences,
Director of State Enterprise «State Road Research Institute named after MP Shulgin», 57 Peremohy Ave., Kyiv, 03113,
✉ dorteh3@ukr.net ☎ +38 (044) 456 34 15.
Ljudmyla Kripka, Head of Department of Scientific Technical
and Legal Information Ukrcement Association
33A Degtyarivska Street, Kyiv, 03057,
✉ techno@ukrcement.com.ua ☎ +38 (044) 393 43 77.

УКРАЇНА – КУРС НА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ ІЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННИМ ПОКРИТТЯМ

UKRAINE – COURSE ON TO AUTOMOBILE ROADS WITH CEMENT-CONCRETE PAVEMENT

УКРАИНА – КУРС НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Анотація. У статті проаналізовано напрямки будівництва автомобільних доріг з цементобетонним покриттям, розширення можливості реалізації вітчизняного промислового потенціалу та покращення інвестиційного клімату України в цілому. Представлена Концепція Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування з цементобетонним покриттям на 2021-2026 роки та Зелена книга «Будівництво цементобетонних доріг для місцевих громад».
Ключові слова: автомобільні дороги з цементобетонним покриттям, дороги місцевого значення, промислові відходи, технології улаштування, контроль якості, високі навантаження, укочуваний бетон.
Annotation. The article analyzes the possibility of building highways with cement concrete pavement, shows the expansion of the possibility of realizing the domestic industrial potential and improving the investment climate in Ukraine as a whole. The presented Concept of the State Target Economic Program for the Development of Public Roads with Cement-Concrete Pavement for 2021-2026 and the Green Book "Construction of Cement-Concrete Roads for Local Communities".
Key words: highways with cement concrete pavement, local roads, industrial waste, device technologies, quality control, high loads, Roll Concrete (RCC).
Аннотация. В статье проанализирована возможность строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, расширение возможности реализации отечественного промышленного потенциала и улучшение инвестиционного климата Украины в целом. Представлена Концепция Государственной целевой экономической программы развития автомобильных дорог общего пользования с цементобетонным покрытием на 2021-2026 годы и Зеленая книга «Строительство цементобетонных дорог для местных общин».
Ключевые слова: автомобильные дороги с цементобетонным покрытием, дороги местного значения, промышленные отходы, технологии устройства, контроль качества, высокие нагрузки, укатываемый бетон.

Реалізація програми президента «Велике будівництво» у 2020 році чітко показала потужний потенціал вітчизняних дорожніх компаній. Рік був знаковим також з точки зору, як для впровадження нових технологій і матеріалів, так і для відродження давно відомих технологій. Цю тезу підтверджує декілька масштабних проектів будівництва ділянок автомобільних доріг із цементобетонним покриттям:

Н-31 «Дніпро – Решетилівка» в межах Полтавської області – 80 км та Н-14 «Олександрівка – Миколаїв» – 75 км. Ці проекти та низка інших, менш масштабних, але не менше значимих для держави і місцевих громад, засвідчили, що напрямок на розвиток автомобільних доріг із цементобетонним покриттям є правильним і відповідає вимогам сьогодення.

Локалізація виробництва і зменшення імпортозалежності одна із парадигм сучасного дорожнього будівництва в Україні. У цьому напрямку необхідними умовами є підтримка вітчизняного виробника, з одного боку, і забезпечення якісних і довговічних доріг, з іншого – виступає Асоціація «Укрцемент».

Наполегливою працею Асоціації «Укрцемент» під керівництвом П.С.Качура за повного сприяння керівництва Укравтодору, яке є сучасним «рупором» і «генератором» ідей масштабних проектів і впровадження різних технологій і сучасних дорожньо-будівельних матеріалів, спільно з ДП «ДерждорНДІ», була розроблена «Концепція Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування з цементобетонним покриттям на 2021-2026 роки».

Зазначена Програма покликана надати потужний ривок і державну підтримку дорожній галузі в будівництві автомобільних доріг загального користування з цементобетонним покриттям. Основні пріоритети Програми – це будівництво доріг за маршрутним принципом в південних регіонах України та регіонах, в яких зосереджено основний промисловий і аграрний потенціал країни (південні, східні і центральні області), активізація економіки за рахунок високого рівня локалізації такого будівництва та зменшення імпортозалежності

України від нафтопродуктів, збільшення обсягу інвестицій у сектор великовантажних автомобільних перевезень (за рахунок збільшеної рентабельності перевізників), розширення можливості реалізації вітчизняного промислового потенціалу та покращення інвестиційного клімату України в цілому.

Рис. 1. Презентація Програми розвитку цементобетонних доріг в Україні

Рис. 2. Учасники презентації Програми розвитку цементобетонних доріг в Україні

Згідно Програми кількість цементобетонних доріг в Україні до 2025 року має становити до 5% від загальної кількості доріг, а до 2040 року їх має бути близько 30 %. Крім цього при реалізації Програми передбачена можливість застосування промислових відходів при будівництві таких автомобільних доріг і зменшення витрат на їх утримання.

В Україні склалась ситуація, коли будівництво доріг із жорстким цементобетонним покриттям демонструє все більшу економічну доцільність, особливо враховуючи, що якісна сировина для спорудження таких доріг не імпортується, а виробляється в Україні. Доля імпортного бітуму на сьогодні – це 56 % вартості матеріалів при будівництві асфальтобетонних доріг.

Для підвищення надійності автомобільних доріг і дорожніх споруд, їх транспортно-експлуатаційного стану, безпеки руху, зниження негативного впливу на навколишнє середовище й зменшення енергоємності робіт доцільно враховувати та рекомендувати застосування портландцементу при реалізації проектів дорожнього будівництва.

Згідно п. 4.3.4 ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво», при проектуванні та виконанні робіт з нового будівництва, реконструкції та капітальному ремонті, коли очікувана інтенсивність великовантажних транспортних засобів складає більше 15 % від загального потоку, то на таких дорогах необхідно передбачати лише жорсткий дорожній одяг.

Затвердження та реалізація «Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування з цементобетонним покриттям на 2021–2026 роки» стане значним проривом для дорожньої галузі нашої країни, що дозволить закріпити постійний курс України на будівництво автомобільних доріг із цементобетонним покриттям, як на державному, так і місцевому рівнях.

Ще одним із напрямів, які покликані популяризувати «цементобетонні дороги» є просвітницька діяльність. Використовуючи досвід та кращі практики польської Асоціації виробників цементу, Асоціація «Укрцемент» спільно із заводами-членами Асоціації та ДП «ДерждорНДІ» розробили зелену книгу «Будівництво цементобетонних доріг для місцевих громад».

Книга представляє собою електронне видання з вільним доступом.

Це практичний порадник, у якому представлена уся необхідна інформація щодо можливості використання цементобетонного покриття на дорогах місцевого значення – від проектування до будівництва та подальшого утримання цих доріг:

- територіальним громадам – для прийняття рішень щодо будівництва цементобетонних доріг на місцевому рівні;
- організаторам робіт – методичні рекомендації щодо матеріалів та сучасних технологій будівництва автомобільних доріг;
- виконавцям робіт – порядок їх виконання, контроль якості та експлуатаційне утримання.

У лютому 2021 року відбулась презентація даної книги, в ході якої були розкриті окремі її положення, а також зазначались основні передумови влаштування цементобетонного покриття:

- дефіцит бітуму вітчизняного виробництва;
- постійне підвищення цін на бітум та висока імпортозалежність;
- менша залежність доріг з цементобетонним покриттям від кліматичних умов;
- більші міжремонтні строки для доріг з цементобетонним покриттям;
- наявність виробничих потужностей вітчизняного виробництва цементу.

Рис. 3. Презентація Зеленої книги «Будівництво цементобетонних доріг для місцевих громад»

Зелена книга містить наступні розділи:

- класифікація автомобільних доріг;
- система планування та проектування автомобільних доріг;
- технології улаштування;
- характеристика матеріалів для виробництва цементобетонних та цементовмісних сумішей;
- використання відходів промисловості;
- контроль якості: якими нормативними документами керуватися? Які бувають види нагляду? Що контролюють під час кожного виду нагляду? Хто здійснює контроль?;
- безпека руху;
- ціноутворення: визначення вартості будівництва; порівняння вартості будівництва;
- публічні закупівлі: встановлення кваліфікаційних критеріїв;
- експлуатаційне утримання: нормативна база, види робіт, зимове утримання.
- Додаток А. Перелік нормативних документів;
- Додаток Б. Алгоритм системи організації будівництва місцевих доріг із цементобетонним покриттям.

На презентації книги також виступили підприємства учасники Асоціації, які не тільки всебічно підтримали ідею використання цементобетонного покриття для будівництва автомобільних доріг, але й поділились досвідом влаштування таких доріг власними силами.

Ірина Гев'юк (ПрАТ «Івано-Франківськцемент») поділилась досвідом будівництва під'їздів до підприємства та переїзду через магістральну колію. Результат – безперервний рух залізничного транспорту, як власного, так і магістрального.

Рис. 4. Переїзд через магістральну колію

Рис. 5. Перша дорога

Під'їзди до кар'єру та бетонна дорога на території заводу ДП «Спецзалізобетон».

Рис. 6. Дорога до кар'єру ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

Рис. 7. На території заводу ДП «Спецзалізобетон»

Євген Захарченко (ПрАТ «Дікергофф Цемент Україна») поділився досвідом реконструкції ділянок на власному підприємстві.

Рис. 8. Бетонні дороги філії «Волинь Цемент» ПрАТ «Дікергофф Цемент Україна» – реконструкція ділянки дороги до кар'єру

Рис. 9. Бетонна дорога київського терміналу

Сергій Міхін поділився досвідом (CRH Україна) будівництва почергово, смугами. Це реконструкція дороги від шосе Н-03 до прохідної АТ «Подільський цемент», протяжністю 1,04 км. Роботи розпочалися у кінці жовтня 2020 року.

Рис. 10. До заводу – по новій дорозі (CRH Україна)

Про можливість застосування промислових відходів при будівництві автомобільних доріг поділився досвідом Михайло Коваленко (ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»), зокрема про заміщення клінкеру шлаком.

Протягом 2018-2019 рр. Асоціацією «Укрцемент» була проведена серія круглих столів на тему «Перспективи використання цементобетону для будівництва та утримання доріг місцевого значення». У результаті цих заходів були підписані меморандуми щодо співпраці Асоціації з об'єднаними територіальними громадами (ОТГ). В результаті практичної реалізації меморандуму Славутська ОТГ Хмельницької області у 2020 році побудувала дорогу в промисловій зоні міста Славута. На будівництво цієї дороги АТ «Подільський цемент» (CRH Україна) виділило 350 т цементу на 0,5 км. Всього з цементобетону за кошти місцевого бюджету Славутської ОТГ було побудовано 2 км дороги. Міський голова Василь Сидор відзначив, що покриття чудово витримує високі навантаження від великовантажних автомобілів.

Рис. 11. Дорога з цементобетону в промисловій зоні міста Славута

Це яскравий приклад співпраці Асоціації «Укрцемент» із ОТГ та рішучості і відмінних управлінських рішень міського голови. Разом із зазначеними вище прикладами можна побачити, що для реалізації проектів від самих «малих» до самих «великих» потрібна тільки воля і сміливість брати на себе відповідальність.

У цілому, 2021 рік планує бути «гарячим», обсяги робіт в рамках реалізації «Великого будівництва» визначені, також розвивається будівництво доріг із цементобетонним покриттям, як традиційним, зокрема Харків – Перещепине (М-29, 180 км), Одеса – Новий Буг (Р-55, 126 км), Бориспіль – Маріуполь (Н-08, 95 км – у межах Дніпропетровської області), так із використанням нової технології укочуваного бетону – ділянки доріг: Р-09 Миронівка – Канів поблизу міста Миронівка; Н-23 Кропивницький – Кривий Ріг – Запоріжжя.

Тенденції сучасного розвитку дорожньої галузі ще раз засвідчують про перспективу і нагальну потребу України в автомобільних дорогах із цементобетонним покриттям. Як показує досвід, тільки в тісній співпраці центральних органів виконавчої влади (Укравтодор), виробничників (Асоціація «Укрцемент»), громадськості (Славутська ОТГ Хмельницької області) і науки (ДП «ДерждорНДІ») можна отримати якісний результат. Ця плідна співпраця продовжується надалі і один із напрямків – це якісні автомобільні дороги України.

Література:

1. Буквар доріг майбутнього. Посібник з управління комунальними дорогами для органів місцевого самоврядування. 2020 р. https://uacrisis.org/uk/posibnyk-dlya-mistsevogo-samovryaduvannya-bukvar-dorigmajbutnogo
2. Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych: poradnik. Antoni Szydło, Piotr Mackiewicz. Stowarzyszenie Producentów Cementu. Stowarzyszenie Producentów Cementu, 2011.
3. Зелена книга «Будівництво цементобетонних доріг для місцевих громад» 2020 р. https://drive.google.com/drive/my-drive
4. С. Й. Солодкий, С. М. Толмачев. Бетонні та аеродромні покриття. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 132 с.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-05
УДК 691.3

Гришко Г. М.

Гришко Г. М., к. т. н., доцент,
кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту довкілля,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна,
✉ gryshko.anna0101@gmail.com, ☎ +38 (0562) 713 51 37.

Ganna Hryshko, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor,
Department of Civil Engineering, Construction Technologies and
Environmental Protection, Dnipro State Agrarian-Economic University,
25 Serhii Efremov St., 49600, Dnipro, Ukraine,
✉ gryshko.anna0101@gmail.com, ☎ +38 (0562) 713 51 37.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНОГО КОМПОЗИЦЙНОГО В'ЯЖУЧОГО МАТЕРІАЛУ

STRUCTURE AND PROPERTIES OF DISPERSE-REINFORCED COMPOSITE BINDER

Аннотация. Для определения влияния поверхности раздела на морфологию кристаллов, формирования каркаса и структуру затвердевшей смеси, проведено ряд исследований на гипсовых и цементных вяжущих веществах. Первоначально исследовали формирование структуры в водной среде – затем с добавкой ПАВ. Далее для определения влияния твердой поверхности на процессы гидратации вводили дискретные волокна. При этом анализ результатов показывает, что кроме армирующего действия волокон, значительную роль играет граница раздела волокно-матрица, активность и величина поверхности.
Ключевые слова: композиционные вяжущие материалы; свойства; дисперсно-армированные растворы; гидратация; структура; твердение.
Анотація. Для визначення впливу поверхні розділу на морфологію кристалів, формування каркаса і структуру затверділої суміші, проведено ряд досліджень на гіпсових і цементних в'яжучих речовинах. Спочатку досліджували формування структури у водному середовищі – потім з добавкою ПАР. Далі для визначення впливу твердої поверхні на процеси гідратації вводили дискретні волокна. При цьому аналіз результатів показує, що крім армуючої дії волокон, значну роль відіграє межа розділу волокно-матриця, активність і величина поверхні.
Ключові слова: композиційні в'яжучі матеріали; властивості; дисперсно-армовані розчини; гідратація; структура; твердіння.
Abstract. We have conducted several studies using gypsum and cement binders in order to assess the influence of interface on the morphology of crystals, scaffold formation, and structure of hardened mixture. First, structure formation was studied in aqueous medium, and then a surfactant was added. Next, we added discrete fibers to assess the impact of solid surface on hydration processes. It is notable that the results analysis shows that the fiber-matrix interface, surface activity, and surface area play a significant role.
Keywords: composite binders, properties, disperse-reinforced solutions, hydration, structure, hardening.

Постановка проблемы

Один из вариантов замены стальной арматуры, с целью повышения физико-механических свойств композитов на основе минеральных вяжущих веществ есть использование армирования дискретными волокнами (металлическими, минеральными, органическими) [1]. Свойства затвердевших продуктов на основе минеральных вяжущих веществ определяется структурой, сформированной в процессе перемешивания и физико-химического взаимодействия исходных материалов. Структура – определенное расположение в пространстве отдельных структурных элементов (гипсового или цементного камня, пор, наполнителей, заполнителей и армирующих волокон). К критериям оценки микроструктуры следует отнести химико-минералогический состав твердой фазы. Немаловажным критерием является строение каркаса и морфология кристаллов. И если по определению влияния вида, формы, размеров и других параметров дискретных волокон разработаны основные показатели, то их влияние на морфологию кристаллов, структуру композиции выяснены недостаточно хорошо. Одним из таких вопросов является влияние величины и активности твердой поверхности на процессы гидратации и формирование структуры композиций.

Цель исследований

Создание композиций с повышенными прочностными свойствами, за счет образования требуемой структуры, введением в состав компонентов дискретных волокон.

Анализ литературы

Дисперсно-армированная смесь представляет собой сложную многокомпонентную систему, в которую входят частицы заполнителей (мелкий, крупный), минеральные вяжущие, вода, а также вовлеченный воздух. Качество композита зависит от структуры составляющих, которые в результате наличия сил молекулярного сцепления, вязкого и сухого трения придают связность и определенные свойства смеси.

Согласно классификации Ю. М. Баженова [2] растворную массу можно представить, как мезоструктуру двух компонентов системы, состоящей из наполнителя (заполнителя и дискретного волокна) и вяжущего. Содержание частиц заполнителя оказывает значительное влияние на вязкость при низком его содержании.

При увеличении содержания заполнителя, зоны влияния частиц соприкасаются и перекрывают друг друга, и тогда консистенция раствора зависит от вязкости раствора и насыщения его твердой фазой. Напряжение сдвига можно выразить реологическим уравнением ньютоновской жидкости [3]:

$$\tau = \eta \frac{du}{dr} \qquad (1)$$

где – напряжение сдвига;

$\frac{du}{dr}$ – градиент скорости по сечению потока.

Результаты исследований

Введение высокомодульных минеральных (базальтовых) волокон осуществлялось в сухую смесь, после чего смесь перемешивалась до максимально однородного состояния, с последующим добавлением воды.

В/Ц характеризует подвижность раствора, в свою очередь определяет и сферу его применения. Основными факторами на, влияющие на показатели В/Ц являются: соотношение компонентов в смеси, модуль крупности заполнителя, гранулометрический состав, влажность, а также удельная поверхность материалов.

Результаты исследования влияния на реологические свойства композиционных плотных и пористых смесей восокомодульных вязкости-армированных смесей показали подобность изменения зависимостей (рис.1).

Анализ диаграммы показал, что увеличение количества (высокомодульных) волокна с 0,1 до 0,4% в смеси приводит к увеличению В/Ц с увеличением вязкости смеси [4].

На величину В/Ц влияет количество введенного базальтового волокна, вероятно это связано с тем, что смесь насыщается более интенсивно твердой фазой. В данных исследованиях максимальной величины В/Ц достигает при максимальном содержании волокна 0,4 %, длиной более 9 мм. Это свидетельствует о том, что система с двухфазной переходит в трехфазную в пределах 6-9 мм для данного диаметра [5]. Волокна как бы образуют свой слой. Но существует предел когда содержание волокон не влияет на В/Т (В/Ц), в данных исследованиях содержание высокомодульных волокон это 0,25% от массы вяжущего.

Интенсивное увеличение В/Т (В/Ц) связано с введением в смесь базальтового волокна, наблюдается при содержании портландцемента более 28%.

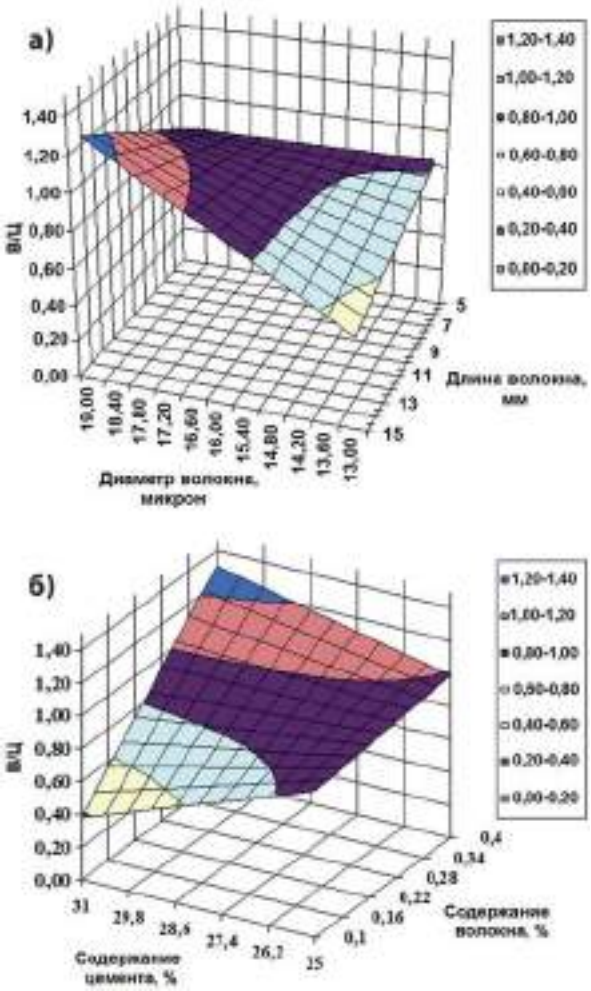


Рис.1. Графики зависимости В/Ц раствора смеси от содержания цемента и содержания базальтового волокна (а), длины и диаметра (б) базальтового волокна

Значительное влияние на В/Т (В/Ц) имеет протяженность и диаметр дискретных волокон. Увеличение длины волокон как високо, так и низкомодульной приводит к увеличению В/Т (В/Ц) цементно или гипсо- песчаного раствора.

Увеличение диаметра волокна в связи с увеличением жесткости волокон приводит к росту сил между частичного трения. А также увеличивается трение между слоями раствора. Значительный прирост показателей В/Т, вследствие увеличения диаметра армирующего компонента, наблюдается при содержании волокон более критической массы.

Композиционные материалы в условиях эксплуатации подвергаются одностороннему действию увлажнения-высыхания и нагрева-охлаждения. Вследствие этого возникают напряжения изгиба, растяжения и сжатия [6], что и вызывает растрескивание покрытия. В ходе исследований установлено, что армирование повышает названые прочностные характеристики (рис.2).

Рис. 2. Микрофотографии образцов после испытаний на изгиб: а) – верхняя грань; б) – нижняя грань

Кроме того, армирование меняет характер разрушения (рис.3). Роль дискретных волокон заключается в том, что они принимают часть нагрузки, препятствуют развитию дислокаций и трещин, смещение структурных блоков.

Рис. 3. Фотография разрушения образцов: а) – армированных; б) – неармированных.

Проведенные исследования [4-5] влияния дисперсного армирования на прочность при растяжении показали свойство органических волокон изменять хрупкий на упруго вязкий характер разрушения матриц на основе минеральных вяжущих, рис. 4.

При полном разрушении матрицы, некоторую нагрузку воспринимают волокна, предотвращая хрупкое разрушение. Кроме того, примерно на 50 % увеличивается предел упругости, и образцы сохраняют упругие свойства Относительная деформация $\varepsilon_{уп}$, армированных образцов, составила $0{,}23\text{-}0{,}24X_1 0^{-2}$, то есть увеличилась более чем на 60%.

Если сравнить участки кривых 1 и 2, 3 (рис.4) видно, что кривые имеют три выраженных участка – участок пропорциональности, пластической деформации и разрушения [3]. Отличие кривых 2, 3 в том, что низкомодульные дискретные волокна способствуют увеличению нагрузки примерно на 25-30 % при этом возрастает прогиб, затем появляются первые трещины и идет разрушение матрицы. Введение армирующих волокон, имеющих более высокий модуль упругости увеличивает участок пропорциональности на 60-70 % и упруго- пластичного более чем в два раза.

Третий участок сответствует полному разрушению неармированной матрицы (кривая 1, рис. 4).

Тогда как армированные матрицы на основе цементных вяжущих веществ после разрушения и увеличения деформации выдерживают некоторую нагрузку. Величина нагрузки несколько ниже, но позволяет работать конструкциям хотя и в аварийном режиме (рис. 5).

Исследование механических характеристик армированных композиционных материалов показывают, что прочность композиций определяется объемной долей компонентов и их модулями [3, 6]:

$$\delta_k = \delta_á \cdot V_À + \delta\,(1 - V_À) \qquad (2)$$

где δ_k $\delta_в$ – пределы прочности композиции и волокна;

$\delta`_м$ – напряжения в матрице при деформации разрушения матрицы волокон (матрица пластичная);

$V_в$ – объемная доля армирующих волокон.

Для создания волокнистой композиции, превосходящей по прочности матрицу и способную к упрочнению необходимо соблюдение неравенства [2,3]:

$$\delta_k = \delta_á \cdot V_À + \delta i(1 - V_À) \geq \delta i \qquad (3)$$

Объемная доля волокон $V_{В.кр}$, которую необходимо превысить для достижения упрочнения матрицы:

$$V_{В.кр} = (\delta_м - \delta_м`) / (\delta_В - \delta_н`) \qquad (4)$$

$(\delta_В - \delta_н`)$ – приращение напряжений вследствие деформативного упрочнения матрицы.

Волокна, имеющие длину меньше критической, в процессе деформации вытягиваются из матрицы. Напряжение уменьшается от максимальной δвмах до нуля, равна $L_{кр}/2$ (рис. 6).

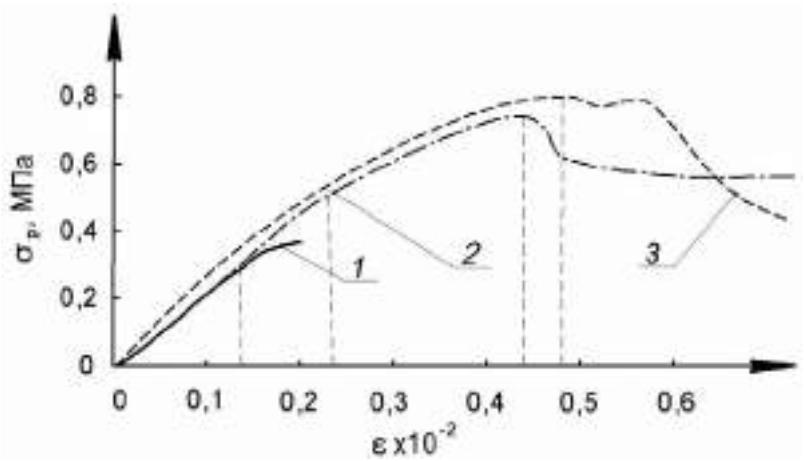


Рис. 4. Относительная деформация матрицы ЦПР-1, при содержании волокон: 1 – 0 %; 2 – 1,25 % (полиамидных); 3 – 1,85 % (полипропиленовых)

Рис. 5. Микрофотография покрытия ЦПР-1па после нагружения до напряжений, соответствующих деформации начала разрушения матрицы

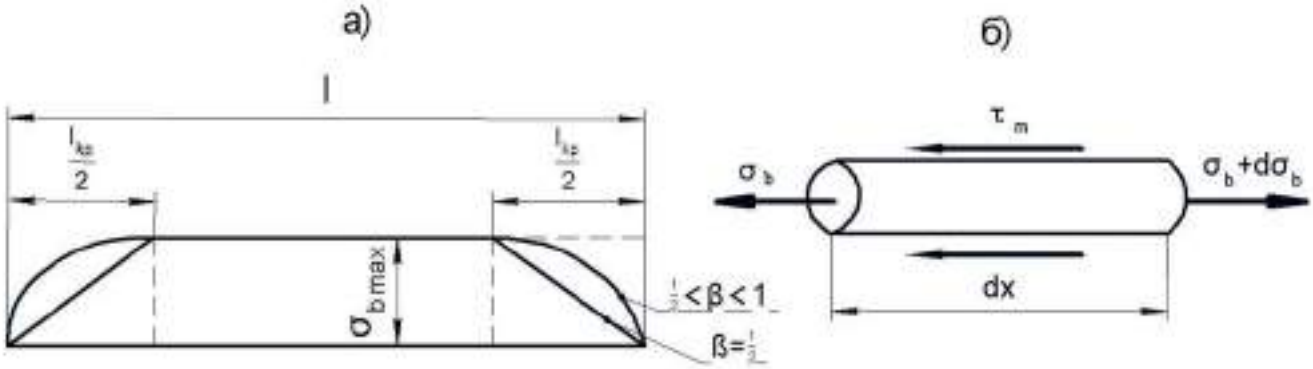


Рис. 6. Схема, для определения длины дискретных волокон:
а- эффективный и неэффективный участки длины дискретного волокна; б- элемент волокна в равновесии

Среднее напряжение в волокне $\delta_в$:

$$\delta_в [1 - (1 - \beta) \cdot L_{кр}/L] \qquad (5)$$

Предел прочности при растяжении композита, армированного дискретными волокнами:

$$\delta_k [1 - (1 - \beta) \cdot L_{кр}/L] \, \delta_в \cdot V_в + \delta_м` \cdot V_м \qquad (6)$$

Напряжение растет по мере удаления от концов волокна при $\beta = 1/2$ составит:

$$\delta_k = (1 - L_{кр}/2L) \, \delta_B \cdot V_B + \delta_м (1 - V_B) \qquad (7)$$

Для достижения эффективного упрочнения матриц объемная доля прерывных волокон, должна быть выше критической $V_{кр.дискрет}$, и ее можно определить из уравнения прочности [10], приняв $\delta_k > \delta_м$:

$$V_{кр.дискрет} = (\delta_м - \delta`) / [\delta_B(1 - L_{кр}/2L) - \delta_м`] \qquad (8)$$

В работах [2,3] предложены механизмы разрушения армированных композитов.

Напряжения в сечении волокна равны:

$$\sigma_в = \pi d \tau x / \pi d2 / 4 = 4\tau x / d \qquad (9)$$

Длина волокна $x = l_{кр}$ при которой волокно не будет выдергиваться из матрицы, а разрушаться (рис. 13).

$$lкр = \sigma_в d/4\tau \qquad (10)$$

где $\sigma_в$ – растягивающие напряжения в волокне, МПа;
d – диаметр волокна, см;
τ – касательные напряжения, МПа.

Поверхности раздела представляет собой переходную область, в пределах которой происходят физико-химическое и механическое взаимодействие между компонентами композиционного материала.

В случае активной поверхности прочность адгезионного слоя повышается [4], что обеспечивает передачу механических напряжений от матрицы к волокну, в результате прочность композиционного материала повышается (рис. 7).

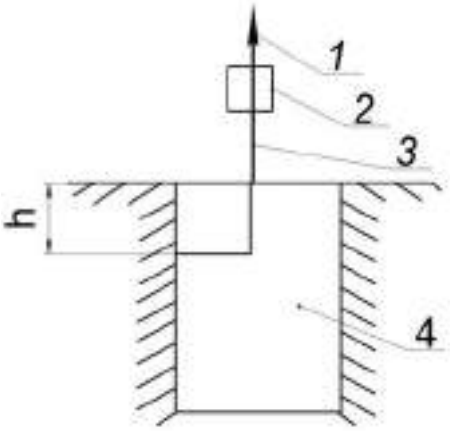


Рис. 7. Схема испытаний для определения прочности контактного слоя:
1– нагружающее устройство;
2 – зажимы специальные:
3 – волокно;
4 – матрица;
h – глубина заделки кратная 5.

Поверхность раздела в ранние сроки твердения очень пористая и состоит из свободных, частично гидратированных зерен цемента, соприкасающихся с волокнами. На ранних сроках твердения происходит выдергивание волокон из матрицы. С увлечением срока твердения границы раздела и объемы между волокнами заполняются кристаллами (иглами) Ca(OH)2 и продуктами гидратации цемента. Граница уплотняется и при разрушении образцов количество выдернутых волокон сокращается и увеличивается доля разорванных.

Выводы

Для определения влияния поверхности раздела на морфологию кристаллов, формирования каркаса и структуру затвердевшей смеси, проведено ряд исследований на гипсовых и цементных вяжущих веществах.

Первоначально исследовали формирование структуры в водной среде, затем с добавкой ПАВ. Далее для определения влияния твердой поверхности на процессы гидратации вводили дискретные волокна.

При этом анализ результатов показывает, что кроме армирующего действия волокон, значительную роль играет граница раздела волокно-матрица, активность и величина поверхности.

Литература:

1. Большаков В.И. Повышение трещиностойкости растворов с помощью дисперсных органических волокон / В. И. Большаков, В. Н. Деревянко // Новини науки Придніпров'я. – Дніпропетровськ. – Gaudemus. – 2001. – № 12. – С. 13 – 25.
2. Баженов Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны: научное издание / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 368 с.
3. Бабаев В. А. Реологические свойства цементного теста / В. А. Бабаев. – М.: Стройиздат, 1987. – 87 с.
4. Деревянко В. Н. Оптимизация свойств дисперсно-армированных композиционных материалов / В. Н. Деревянко, Н. В. Кондратьева // Материалы к международному семинару по моделированиюи оптимизации композитов. – МОК, посвященному 80-летию В.А.Вознесенского (22-23 апреля 2014 г.). – Одесса: Астропринт. – 2014. – С. 149 – 153.
5. Деревянко В. Н. Высокопрочные ремонтные растворы с базальтовыми волокнами для ремонта трамвайных плит/ В. Н. Деревянко, Т. В. Мартыненко, Н. В. Кондратьева // Строительство, материаловедение, машиностроение: Ссб. науч. трудов. – Вып. 74. – Дн-вск: ГВУЗ «ПГАСА». – 2012. – С.388 – 394.
6. Вознесенский В. А. Принятие решений по статистическим моделям / Вознесенский В. А., Ковальчук А. Ф. – М.: Статистика, 1978. – 192 с.

Пожежобезпечні/негорючі покриття

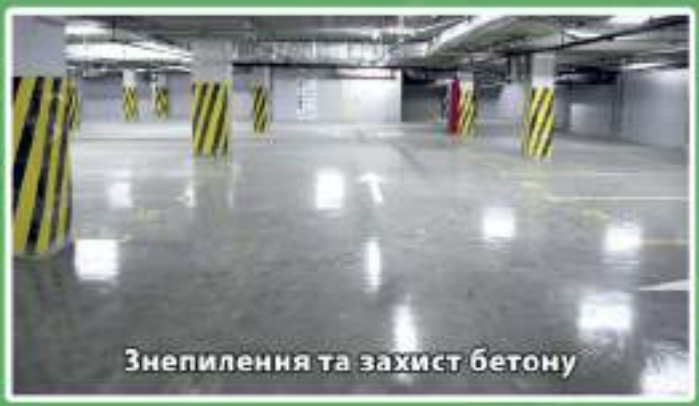
Хімічностійкі покриття

Комбіновані покриття для паркінгів

KCUTEX
POLYMER TECHNOLOGY

Досвід
Надійність
Іновації

Зносостійкі й надміцні покриття для


Знепилення та захист бетону

Ін'єктування та анкерування основ та з/б

Наливна полімерна підлога
з кварцовим наповнювачем

Покриття в стилі Лофт

Полімерні покриття для торгового залу

KOUTEX
POLYMER TECHNOLOGY

Ексклюзивні сходи та підлоги в розважальних закладах

https://www.koutex.com.ua

https://www.facebook.com/koutex/

Україна, м. Київ,
вул. Сергієнка 2/3
+38(097) 601 66 33
+38(050) 330 08 14

Декоративні покриття для офісних

Полімерні підлоги для освітніх закладів

Антистатичні покриття для медицини та виробництва

Гігієнічні та екологічні покриття

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-06
УДК 691.3

Пушкарьова К. К.

Гончар О. А.

Іонов Д. С.

Гадайчук Д. Р.

Пушкарьова К. К., д.т.н., проф.,
завідувач кафедри будівельних матеріалів КНУБА,
КНУБіА, 03680, м. Київ,
Повітрофлотський пр-т, 31,
✉ pushkarova.kk@knuba.edu.ua ☎ +38 (067) 174 68 06.
Гончар О. А., к.т.н., доц.,
доцент кафедри будівельних матеріалів КНУБА,
КНУБіА, 03680, м. Київ,
Повітрофлотський пр-т, 31,
✉ gonchar.oa@knuba.edu.ua ☎ +38 (067) 101 51 65.
Іонов Д. С., к.т.н.,
науковий співробітник ДП «НДІБМВ»
ДП «НДІБМВ»,
04080, м. Київ,
вул. Костянтинівська, 68
✉ dimetrsfa@gmail.com ☎ +38 (093) 684 09 49.
Гадайчук Д. Р., аспірант
кафедри будівельних матеріалів КНУБА,
КНУБіА, 03680, м. Київ, Повітрофлотський пр-т, 31,
✉ danil.starcon@gmail.com ☎ +38 (067) 349 97 86.

K. Pushkarova, Doctor of Technical Sciences,
Prof., Head of the Department of building materials KNUCA,
KNUCA, 03680, Kyiv,
Povitroflotskyi ave., 31
✉ pushkarova.kk@knuba.edu.ua ☎ +38 (067) 174 68 06.
O. Honchar, Ph.D., Associate professor,
assistant professor of Department of building materials KNUCA,
03680, Kyiv,
Povitroflotskyi ave., 31
✉ gonchar.oa@knuba.edu.ua ☎ +38 (067) 101 51 65.
S. Ionov, Ph.D.,
Researcher STATE ENTERPRISE "UKRAINIAN RESEARCH, PROJECT PLANNING AND DESIGN INSTITUTE OF BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS "NIISMI",
04080, Kyiv, Konstyantinovskv Street, 68
✉ dimetrsfa@gmail.com ☎ +38 (093) 684 09 49.
D. Hadaichuk, PhD student
of the Department of building materials KNUCA,
KNUCA, 03680, Kyiv, Povitroflotskyi ave., 31
✉ danil.starcon@gmail.com ☎ +38 (067) 349 97 86.

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕАКЦІЙНО-ПОРОШКОВИХ БЕТОНІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

PECULIARITIES OF OBTAINING AND PROSPECTS FOR USING REACTIVE-POWDER CONCRETE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF UKRAINE

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАКЦИОННОЙ-ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ УКРАИНЫ

Анотація. В роботі показано, що отримання високофункціональних бетонів, в тому числі реакційно-порошкових, досягається за умови виконання багатьох факторів, таких як: використання високоміцних цементів та заповнювачів, максимально низьким водоцементним співвідношенням, високою максимально можливою витратою цементу, застосуванням суперпластифікаторів нової генерації і модифікуючих нанодобавок. Використання таких складів бетонів особливо є ефективним в технологіях будівельного друку на 3D принтерах.
Ключові слова: високоміцні бетони, високофункціональні бетони, самоущільнювальні бетони, реакційно-порошкові бетони.
Abstract. It is shown in the work that the production of highly functional concretes, including reaction-powder concretes, is achieved subject to the fulfillment of many factors, such as: the use of high-strength cements and aggregates, the lowest possible water-cement ratio, the highest possible cement consumption, the use of new generation superplasticizers and modifying nanoadditives. The use of such concrete compositions is especially effective in construction technologies for printing on 3D printers.
Keywords: high-strength concrete, high performance concrete, self-Compacting concrete, reactive powder concrete.
Аннотация. В работе показано, что получение высокофункциональных бетонов, в том числе реакционно-порошковых, достигается при условии выполнения многих факторов, таких как: использование высокопрочных цементов и заполнителей, максимально низким водоцементным соотношением, максимально возможным расходом цемента, применением суперпластификаторов нового поколения и модифицирующих нанодобавок. Использование таких составов бетонов особенно эффективно в технологиях строительной печати на 3D принтерах.
Ключевые слова: высокопрочные бетоны, высокофункциональные бетоны, самоуплотняющиеся бетоны, реакционно-порошковые бетоны.

У сучасному будівництві бетон вважається основним конструкційним матеріалом, виробництво якого постійно зростає, причому враховуючи особливості будівельного ринку все більша увага приділяється саме архітектурному бетону [1]. В останні роки все ширшого застосування набувають бетони нової генерації, до яких належать: високоміцні бетони (High-Strength Concrete, HSC), високофункціональні бетони (High Performance Concrete, HPC), самоущільнювальні бетони (Self-Compacting Concrete, SCC) та реакційно-порошкові бетони (Reactive Powder Concrete, RPC).

Високоміцний бетон згідно EN 206-1:2000 та ДСТУ Б В.2.7-176:2008 – це важкий бетон з класами міцності при стиску від С55/67 до С100/115 та легкий бетон з класами міцності при стиску від LC55/60 до LC80/88.

Під високофункціональними бетонами розуміють всі види бетонів певного функціонального призначення, які за показниками якості відповідають або перевищують максимальні критерії, регламентовані стандартами різних країн [2-7].

На сьогоднішній день за показниками міцності можна виділити наступні види бетонів [8]:

- Бетон нормальної міцності (NSC) до В60 МПа;
- Високоміцний бетон (HSC) В60 до В100 МПа;
- Бетон високофункціональний (HPC) від В100 до В150 МПа;
- Ультра високофункціональний бетон (UHPC, UHPFRC) від В150 до В300 МПа, в тому числі бетони DSP та MDF.

Розробка високофункціональних бетонів в 70-х роках минулого століття почалася з використання дуже низьких значень водоцементного відношення (цементні пасти високої міцності з В/Ц від 0,2 до 0,3), що давало можливість отримати бетони з дуже низьким рівнем пористості та високою міцністю при стиску – до 200 МПа [9]. Подальші дослідження були направлені на підбір складу та видів основних компонентів бетонних сумішей – заповнювачів, цементу, води, добавок, домішок і волокон. Відмінність складів таких бетонів від звичайних може полягати в кількості в'яжучої речовини, особливостях гранулометричного складу заповнювача та виду наповнювачів, а також в наявності волокон [10].

Можна виділити два підходи до проектування складу високофункціонального бетону. Перший з них передбачає ущільнення цементної матриці дрібними частинками. Так виник бетон DSP (Densified Small Particles), зерниста матриця якого має певний гранулометричний склад та дозволяє отримати штучний камінь, міцність при стиску якого коливається від 150 до 400 МПа. У DSP бетонній суміші використовують надзвичайно міцні заповнювачі, наприклад, випалений боксит або граніт. Крім того, бетонна суміш має дуже високий вміст суперпластифікаторів та мікрокремнезему, що дозволяє значно зменшити пористість цементного каменю та збільшити міцність матеріалу [11]. Другий підхід привів до створення бетону Macro Defect Free (MDF). Це полімермодифікований цементний матеріал, де полімери заповнюють пори бетону, що веде до утворення надзвичайно міцних і компактних матриць. Однак бетони MDF відрізняються підвищеними вимогами щодо дотримання технології виготовлення та мають надмірну повзучість [12].

Для виробництва високофункціонального бетону важливо досягти максимальної щільності упаковки всіх зернистих компонентів бетонної суміші [13]. Щільність упаковки є однією з найважливіших властивостей системи частинок і визначається як об'ємний відсоток твердих речовин в одиниці об'єму бетону [14].

Чим меншого розміру частинки використані, тим щільність упаковки буде більше. Враховуючи той факт, що бетонна суміш повинна мати певні показники легкоукладальності, повністю щільна упаковка матриці не є ефективною і її досягнення практично неможливо [15]. Підвищення щільності матриці для отримання необхідних як технологічних показників бетонної суміші, так і експлуатаційних характеристик бетону, досягається оптимізацією упаковки всіх її складових компонентів – цементу, наповнювачів (тонкомелених добавок, наприклад, мікрокремнезему, золи, шлаку, метакаоліну) і дрібних заповнювачів [16]. Позитивно впливати на щільність упаковки частинок і стабільність цементної пасти можна шляхом додавання наповнювачів до цементу. Особливо це стосується наповнювачів, розмір зерен яких менше розміру зерен цементу [15].

Враховуючи підвищену крихкість MDF та DSP бетонів, ефективним є введення волокон, від кількості та розмірів яких залежить як легкоукладальність бетонних сумішей, так і тріщиностійкість отриманого штучного каменю. Слід відмітити, що введення волокна до складу сумішей для отримання MDF-бетону технологічно ускладнене через їхню підвищену в'язкість, тому сьогодні волокно додається переважно у матрицю бетону DSP [17].

Важливим фактором впливу на показники отриманих бетонів є вид та розміри заповнювачів, а також їх співвідношення. При отриманні високофункціональних бетонів необхідно, щоб заповнювачі мали високу міцність і не були найслабкішою частиною штучного каменю. При додаванні крупних заповнювачів до розчину вміст цементу знижується, а отже зменшується контракція (аутогенна усадка), а також стає меншою собівартість матеріалу. Проте використання крупних заповнювачів у складі високофункціональних бетонів є доцільним у випадках, коли товщина конструкційного елемента значно більше, ніж розмір заповнювача [18].

Таким чином, високофункціональні бетони (High Performance Concrete – HPC) відрізняються від звичайних бетонів нижчим водоцементним відношенням, зменшеною кількістю крупного заповнювача, оптимальним зерновим складом, а також наявністю сучасних суперпластифікаторів і великої кількості тонкодисперсних компонентів (наповнювачів), що можуть бути представлені золою-винесення, метакаоліном, мікрокремнеземом тощо [19].

На основі DSP-бетонів було розроблено реакційно-порошкові бетони, які відрізняється від інших видів бетону зменшеними розмірами частинок і зміцненням структури за рахунок використання різних видів фібри. Регулювання рухомістю реакційно-порошкових сумішей, що мають дуже низьке водов'яжуче відношення та не містять у своєму складі крупного заповнювача, може бути здійснено шляхом додавання ефективних суперпластифікаторів.

Підвищити фізико-механічні характеристики реакційно-порошкового бетону можна шляхом збільшення ступеня щільності упаковки основних компонентів цементної матриці [20]. В цьому випадку ефективним є додавання наночастинок, що можуть не лише ущільнювати структуру, а й регулювати склад і кількість продуктів тверднення, наприклад, стимулювати формування більшої кількості низькоосновних гідросилікатів кальцію (C-S-H), що, в свою чергу сприятиме покращанню фізико-механічних властивостей та довговічності бетонів.

Відомо [21], що з підвищенням кількості використаного нанокремнезему має місце збільшення міцності при стиску реакційно-порошкових бетонів, причому оптимальна кількість цієї добавки становить біля 4% від маси в'яжучої речовини, що значно менше ніж при використанні мікрокремнезему. При використанні 1% наноме-

такаоліну спостерігається зміцнення мікроструктури бетону, що сприяє зниженню проникнення йонів хлору та підвищенню його корозійної стійкості [22]. Введення нанокарбонатних добавок до складу реакційно-порошкового бетону прискорює процеси гідратації в ранньому віці, що дає змогу отримати більш щільну упаковку частинок цементної матриці та підвищити фізико-механічні характеристики отриманого штучного каменю [23, 24].

Крім того, при введенні частинок нано-TiO_2 відмічено підвищений рівень поглинання CO_2 через рекарбонізацію та самовідновлюючі властивості реакційно-порошкових бетонів завдяки проявленню фотокаталітичного ефекту [25].

Таким чином, використання наноматеріалів в складі реакційно-порошкових бетонів (нанокремнезему, нанометакаоліну, нанокарбонатів) дає можливість отримати більш щільну мікроструктуру за рахунок як максимальної упаковки, так і можливості направленого регулювання продуктів гідратації цементів в складі таких сумішей. Використання модифікованих бетонних сумішей забезпечує не лише отримання більш щільної мікроструктури отриманого бетону, а й покращує його експлуатаційні характеристики. Також при проектуванні складів високо- функціональних бетонів, в тому числі реакційно-порошкових, доцільним є встановлення реакційної здатності матеріалів та врахування можливості їх сумісної роботи щодо направленого синтезу кристалохімічно подібних гідратних новоутворень, які відіграють визначальну роль при синтезі міцності будь-якого штучного каменю [26]. Краща сумісність тонкомелених добавок може привести до зниження потрібної кількості суперпластифікатора. Саме урахування цих факторів відкриває нові можливості щодо керування нано- та мікрорівнем структури бетону, які, в свою чергу, будуть впливати на покращення структури каменю на мезо- та макрорівнях [27].

Отже, отримання високофункціональних бетонів, в тому числі реакційно-порошкових, досягається за умови виконання багатьох факторів, таких як: використання високоміцних цементів та заповнювачів, максимально низьким водоцементним співвідношенням, високою максимально можливою витратою цементу, застосуванням суперпластифікаторів нової генерації і модифікуючих нанодобавок, що забезпечують ущільнення мікроструктури бетону та підвищення показників його фізико-механічних властивостей.

Використання таких реакційно-порошкових бетонів особливо є ефективним в технологіях будівельного друку на 3D принтерах, де крім традиційних вимог до бетону, таких як міцність, довговічність, морозостійкість, важливими є також реологічні властивості бетонної суміші, зчеплення між компонентами суміші та її сусідніми шарами, швидкий набір ранньої міцності для витримування навантаження від наступних шарів, що наносяться, а також мінімальна усадка та максимальна тріщиностійкість безпосередньо бетону.

За результатами попередніх експериментальних досліджень [24, 27] формування матриці для отримання реакційно-порошкового бетону, а особливо бетонної суміші для 3D принтера повинно передбачати:

- використання комплексної органо-мінеральної добавки, яка буде забезпечувати потрібні реологічні характеристики бетонної суміші та позитивно впливати на функціональні властивості отриманого бетону; ця добавка може бути мікро- ти нанорівня, вибір її базується на досягненні максимальної щільності упаковки матриці, тобто при підборі гранулометрії порошкоподібних складових матриці потрібно звертати увагу на тонину помелу портландцементу, активних мінеральних добавок та наповнювачів (як мікро-, так і наномасштабного рівня);
- мінеральна складова добавки повинна позитивно впливати на реологічні характеристики бетонної суміші та бути сумісною з полімерною складовою, що входить до пластифікуючих або інших функціональних добавок; вона має бути реакційноздатною не тільки до зв'язування портландиту в низькоосновні гідросилікати кальцію, але й приймати участь у формуванні термодинамічно стабільних водостійких гідратних фаз (з відомих добавок з цією функцією краще справляється мікро- та нанокремнезем);
- також добавка повинна знижувати тепло гідратації цементної системи та позитивно впливати на реологію і процеси структуроутворення – з цими функціями мабуть краще буде справлятися карбонатна добавка або комплексна карбонатно-силікатна, причому це може бути як добавка мікро- так і нанорівня.

Використовуючи оптимізовані склади реакційно-порошкових бетонних сумішей можна реалізувати всі переваги адитивної технології 3D-друку, такі як мінімальні трудозатрати, практично повна відсутність відходів, висока швидкість бетонування при необмеженій архітектурній виразності конструкцій, що вимагає особливого підходу до розробки складів архітектурних бетонів, до яких висуваються особливі вимоги не тільки до їх реологічних властивостей, але й до експлуатаційних, особливо на ранніх етапах твердіння.

В той же час, використання таких принтерів в будівництві відкриває нові можливості зниження собівартості та підвищення точності виготовлення «друкованих» об'єктів, дає змогу використовувати різні матеріали в якості вихідних для бетонних сумішей, зменшує час безпосередньо на зведення будівель і споруд різного призначення.

Таким чином , використання високофункціональних бетонів на основі реакційно-порошкових матеріалів з підвищеними показниками конструктивної якості відкриває певні можливості зниження матеріаломісткості і маси будівельних конструкцій, розробки тонкостінних конструкцій, архітектурних поверхонь, надміцних споруд оборонного застосування, підсилюючих розчинів та високоміцних елементів транспортних споруд, що особливо є актуальним для будівельної галузі України.

Література:

1. Сайт «1beton.info»: Состав архитектурного бетона, технология изготовления, область применения архикамня . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://beton-house.com/vidy/dekorativnye/arhitekturnyj-beton-826/. 19.11.2018 .
2. Collepardi M. The new concrete, Copyrigth Mario Collepardi.-2006 – 421p.
3. Aitcin, P. Cements of yesterday and today—concrete of tomorrow. Cement and Concrete Research, 2000- 30(9)- pp. 1349–1359.
4. Aitcin P.-C. The art and science of high performance concrete// Nelu Spiratos Symposium on Siperpkastizers, Bucharest, Romania, 2003- pp.69-88.
5. Jasiczak J., Wdowska A., Rudnicki T. Betony ultrawysokowartosciowe, ilasciwosci, technologie, zastosowanie.- Krakow: Stowarsyszenie Producentow Cementu, 2008.-159 s.
6. Бетоны нового поколения на основе тонкозернисто-порошковых смесей// Калашников В.И., Тараканов О.В., Кузнецов Ю.С., Володин В.М./ Magazine of Civil Engeenering/ 2012.-№8.- с.47-53.
7. Вплив мінеральних добавок на властивості цементуючих систем для високофункціональних бетонів / М.А.Саницький, О.Р. Позняк, Б.Г. Русин, І.М. Гев'юк // Вісник НУ «Львівська політехніка. «Теорія і практика будівництва.- Львів, 2012.-№737.- С.191-197.
8. Development and Application of ulnra high Performance concrete// R.A.Mavlonov, N.R.Nosirjonov //Международный научный журнал «Инновационная наука», 2016.- №5- с.130-132 .
9. Hardened Portland cement pastes of low porosity. V. Compressive strength//Marvin Yudenfreund, Kaissar M.Hanna, JanSkalny, Ivan Older, Stephen Brunauer/Cement and Cocrete Research. 1972.- Vol.2- issue 6 – pp. 731-743.
10. Ultra-High Performance Concrete: Mechanical Performance, Durability, Sustainability and Implementation Challenges //S.Abbas, M.L. Nehdi, M.A.Saleem// International Journal of Cocrete Structures and materials, 2016. – vol.10, №3/- pp. 271-295.
11. Bache, H.H. Densified cement/ ultra fine particle based materials. The second International conference on superplasticizers in Concrete. Ottawa, Ontario, Canada June 10 – 12.- 1981.
12. Peter Buitelaar. Ultra High Performance Concrete: Developments and Applications during 25 years//Plenary Session International Symposium on UHPC, 2004.- Kassel, Germany, pp.25 .
13. Deeb, R., A. Ghanbari, and B.L. Karihaloo, Development of self-compacting high and ultra high performance concretes with and without steel fibres. Cement and Concrete Composites, 2012. 34(2): p. 185-190.
14. Ghafari, E., et al. Optimization of UHPC by Adding Nanomaterials// in Proceedings of Hipermat 2012 – 3rd International Symposium on UHPC and Nanotechnology for Construction Materials. 2012, Kassel University Press: Kassel, Germany.
15. Vogt, C., Ultrafine particles in concrete, in School of Architecture and the Built Environment, Division of Concrete Structures. 2010, KTH: Stockholm.
16. Resplendino, J., Introduction: What is UHPFRC?, in Designing and building with UHPFRC – State of the Art and Development, F. Toutlemonde and J. Resplendino, Editors. 2011, ISTE ltd;: London. p. 3-12.
17. Bache H.H. Model for Strength of Brittle Materials Built up of Particles Joined at points of Contact. Journal of the American Ceramic Society.- 1970. Volume 53.- No. 12.
18. Camacho, E., J.Á. López, and P. Serna, Definition of three levels of performance for UHPFRC-VHPFRC with available materials, in Proceedings of Hipermat 2012 – 3rd International Symposium on UHPC and Nanotechnology for Construction Materials. 2012, Kassel University Press: Kassel, Germany.
19. Rossi, P., Ultra-High Performance Concretes. Concrete International, 2008. 30(02): p. 31-34.
20. Sobolev, K., & Amirjanov, A. (2004). The development of a simulation model of the dense packing of large particulate assemblies. Powder Technology, 141, 155–160.
21. Ghafari, E., Costa, H., Julio, E., Portugal, A., & Duraes, L. (2014a). The effect of nanosilica addition on flowability, strength and transport properties of ultra high performance concrete. Material and Design, 59, 1–9.
22. Li, W., Huang, Z., Zu, T., Shi, C., Duan, W., & Shah, S. (2015). Influence of nanolimestone on the hydration, mechanical strength, and autogenous shrinkage of ultrahigh-performance concrete. Journal of Materials in Civil Engineering, 28(1), 1–9.
23. Huang, Z., & Cao, F. (2012). Effects of nano-materials on the performance of UHPC. Materials Reviews, 26(9), 136–141.
24. Пушкарьова К.К., Маломуж В., Гадайчук Д.Р., Каверин К.О. Цементні композиції, модифіковані нанокарбонатними добавками //Conf. Proc. Intern. Scient.-pract. Conf. «Build – master-class -2019», KNUCA, 2019 – p.182-183
25. Falikman, V., Vajner, A., & Zverev, I. (2012). New photocatalytic cementitious composites containing modified titanium dioxide nanoparticles. In Proceedings of the 3-rd International Symposium on UHPC and Nanotechnology for High Performance Construction Materials, Kassel, Germany 2012 – pp. 147–152.
26. Pushkarova K., Gonchar O., Kaverin K. The role of the crystallo-chemical factor in the enalution and improvement of the nanomodification efficiency of mortal and concrete// Transbud-2019.-vol.708.-012102.-11p. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012102.
27. Пушкарьова К.К., Каверин К.О., Гадайчук Д.Р. Особливості модифікації портландцементу карбонатними добавками різного ступеня диспергації //Зб. Наук.праць «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка», №60.- 2019.- Київ.- с.28-33; ISSN 2413-7693.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-07
УДК 691.32

Троян В. В.

Кіндрась Б. П.

Троян В. В., доктор технічних наук,
професор кафедри технології будівельних конструкцій і виробів,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський просп., 31, Київ, Україна, 03680,
✉ s_troy@ukr.net ☎ +38 (067) 88 22 861.
Кіндрась Б. П., головний технолог,
АТ «Дарницький завод залізобетонних конструкцій»,
вул. Бориспільська, 11, м. Київ, 02093,
✉ bogdan.kindras@gmail.com ☎ +380 (097) 10 30 007.

Vyacheslav Troyan, Doctor of Technical Sciences,
Professor of Department of technologies of building structures and products,
Kyiv National University of Building and Architecture,
Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, Ukraine, 03680,
✉ s_troy@ukr.net ☎ +38 (067) 88 22 861.
Bogdan Kindras, Chief technologist,
JSC "Darnytskyi Plant of Reinforced Concrete Structures",
Boryspilska st., 11, Kyiv, 02093,
✉ bogdan.kindras@gmail.com ☎ +380 (097) 10 30 007.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ, ЗДАТНИХ ДО САМОУЩІЛЬНЕННЯ

MODELING THE CRACK-RESISTANCE OF HIGH-STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETE

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНІВ

Анотація. Наведено результати моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення. Шляхом моделювання пружних і мікропластичних деформацій по діаграмах деформування зразків-призм 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 добавок починається на 9 добу, а утворення магістральної тріщини – на 11 добу тверднення. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з золою виносу, вапняковим борошном та мікрокремнеземом починається на 6 добу тверднення. Утворення усадочних магістральних тріщин в цих бетонах починається на 8, 10 та 11 добу тверднення відповідно. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з метакаоліном починається на 8 добу, а магістральної тріщини – на 17 добу тверднення. Отже, склад бетону з метакаоліном 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.
Abstract. 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 ofmicroplastic deformation of concrete with metakaolin.
Key words: high-strength concrete, self-compacting concrete, modeling, crack resistance, shrinkage, modulus of elasticity.
Аннотация. Приведены результаты моделирования трещиностойкости высокопрочных самоуплотняющихся бетонов. Путем моделирования упругих и микропластических деформаций по диаграммам деформирования образцов-призм с инициированной трещиной установлены параметры раскрытия трещин в исследуемых бетонах. По модели установлено, что ширина раскрытия усадочных трещин в исследуемых бетонах (на 120 сутки) значительно превышает этот показатель для начала образования магистральной трещины. Таким образом, при ограниченной усадке, образования трещин в исследуемых бетонах неизбежно. В соответствии с моделью, образование микротрещин в результате ограниченной усадки бетона без добавок начинается на 9 сутки, а образование магистральной трещины – на 11 сутки твердения. Начало образования усадочных микротрещин в бетоне с золой уноса, известняковой мукой и микрокремнеземом начинается на 6 сутки твердения. Образование усадочных магистральных трещин в этих бетонах начинается на 8, 10 и 11 сутки твердения соответственно. Начало образования усадочных микротрещин в бетоне с метакаолином начинается на 8 сутки, а магистральной трещины – на 17 сутки твердения. Таким образом, состав бетона с метакаолином можно признать наиболее трещиностойким среди испытуемых, что объясняется меньшей усадкой, относительно низким модулем упругости и относительно большим участком микропластической деформаций бетона этого состава.
Ключевые слова: высокопрочный бетон, самоуплотняющийся бетон, моделирование, трещиностойкость, усадка, модуль упругости.

Вступ

Використання високоміцних бетонів здатних до самоущільнення, дозволяє зменшувати перетин бетонних конструкцій, при забезпеченні проектної несучої здатності. Однак, конструкції з таких бетонів потребують забезпечення тріщиностійкості. Проблема тріщиностійкості актуальна як для бетонів здатних до самоущільнення, що характеризуються підвищеними усадочними деформаціями, так і для високоміцних бетонів, що мають крихке руйнування. Підвищення тріщиностійкості таких бетонів досягається на рівні заповнювачів, в'яжучих речовин, мінеральних та хімічних добавок. При цьому, результати дослідження тріщиностійкості потребують комплексної оцінки, що можливо здійснювати шляхом моделювання, наприклад методом кінцевих елементів.

Таким чином, враховуючи поширення використання високоміцних бетонів здатних до самоущільнення, що характеризуються підвищеними усадочними деформаціями та крихким руйнуванням, актуальним є дослідження та комплексна оцінка їх тріщиностійкості шляхом моделювання методом кінцевих елементів.

Отже метою даної роботи було дослідження та моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів з бетонних сумішей здатних до самоущільнення за комплексом критеріїв (усадочні деформації, початковий модуль пружності, параметри руйнування тощо).

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Бетони здатні до самоущільнення були розроблені в Японії з метою відмови від вібрації при ущільненні, що дозволило зменшити витрати на бетонування [1]. Одним з критичних недоліків таких бетонів є підвищена усадка, що значно знижує їх тріщиностійкість [2, 3]. У випадку бетонів здатних до самоущільнення спостерігається збільшення всіх складових усадочних деформацій: аутогенної усадки внаслідок хімічних реакцій між цементом і водою, усадки внаслідок випаровування води з пор бетону та пластичної усадки [4, 5]. За даними досліджень [6], усадка бетонів здатних до самоущільнення може в 1,5 рази перевищувати усадку звичайного бетону. При обмеженій усадці, коли розтягувальні напруження бетону досягають граничного значення починається утворення тріщин [7]. При цьому, утворення усадочних тріщин в бетонах здатних до самоущільнення починається на ранніх термінах тверднення (8–13 діб) [8, 9]. Для зменшення усадки таких бетонів рекомендується забезпечувати догляд за бетоном [1], використовувати розширювальні і протиусадочні добавки [10, 11] та армуючі волокна [12, 13]. Підвищений вміст в бетонах здатних до самоущільнення цементу та наповнювачів призводить до збільшення аутогенної усадки бетону та усадки внаслідок випаровування води [4, 14]. На значення усадки впливають фактори пов'язані з капілярним тиском води в порах бетону [15]. Так, усадка бетону здатного до самоущільнення може зменшуватись при використанні мікрокремнезему [16], золи виносу, вапняку [17] та метакаоліну [18] при їх використанні на заміну цементу. Крім усадки на тріщиностійкість бетону впливають модуль пружності, повзучість, міцність на розтяг тощо [19]. Отже, всі ці параметри слід враховувати при комплексній оцінці тріщиностійкості [20]. Спробу такої оцінки тріщиностійкості бетону здатного до самоущільнення з вапняком і мікрокремнеземом наведено в роботі [2]. Доцільним є проведення комплексної оцінки тріщиностійкості високоміцного бетону здатного до самоущільнення з добавками золи винесення та метакаоліну, що можуть здійснювати позитивний вплив на деформативність бетонів [18].

Отже, за результатами огляду літератури можна відзначити можливість підвищення та комплексної оцінки тріщиностійкості високоміцних бетонів з бетонних сумішей здатних до самоущільнення шляхом модифікації бетонів та моделювання за результатами досліджень усадки, модуля пружності та параметрів, що характеризують тріщиноутворення.

Матеріали та методи досліджень

В дослідженнях використано портландцемент CEM I 42,5 R (ПАТ «Подільський Цемент», CRH, Україна). Мінеральні добавки: метакаолін METAVER I (NEWCHEM AG, Австрія), мікрокремнезем Microsilica 940 (Elkem, Норвегія), вапнякове борошно (Державне підприємство Закупнянський кар'єр, Україна). Заповнювачі: пісок річковий кварцовий, щебінь гранітний фракцій 5–10 та 10–20 мм. Добавки суперпластифікатори виробництва «MC-Bauchemie», Німеччина.

Фізико-механічні дослідження здійснювали у відповідності з діючими нормативними документами. Модуль пружності бетону визначали відповідно ДСТУ Б В.2.7-217:2009. Параметри тріщиностійкості бетонів при статичному навантаженні визначали на зразках-призмах з ініційованою тріщиною за ДСТУ Б В.2.7-227:2009.

Моделювання параметрів тріщиноутворення бетонів здійснювали методом кінцевих елементів в професійному програмному комплексі ELCUT.

Моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів здатних до самоущільнення

Як відзначалося вище, основною причиною утворення тріщин в бетоні, здатному до самоущільнення, є усадочні деформації. За результатами попередніх досліджень було встановлено, що введення на заміну цементу 10 % золи винесення, мікрокремнезему та вапнякового борошна дозволило знизити усадку бетону на 120 добу до 0,34–0,36 мм/м. Введення 10 % метакаоліну знизило усадку до 0,29 мм/м, Усадка складу бетону без добавок на 120 добу становила 0,38 мм/м. На 7 добу тверднення склад бетону без добавок мав меншу усадку (0,06 мм/м) ніж склади з мінеральними добавками (0,11–0,14 мм/м).

Напруження бетону, що виникають внаслідок деформацій усадки, прямо пропорційні його модулю пружності. За результатами досліджень високоміцних бетонів найменшим початковим модулем пружності при згині 36,6 ГПа характеризувався склад бетону з 10 % метакаоліну, найбільшим 50,4 ГПа – склад бетону з 10 % мікрокремнезему. Початкові модулі пружності при згині 41–42 ГПа показали бетони без добавок, з 10 % золи винесення та вапнякового борошна.

В якості показника крихкості руйнування високоміцних бетонів розглядали (рис.1) розмір ділянки мікропластичних деформацій (1–2), що відповідає різниці деформацій початку мікротріщиноутворення (1) та початку утворення магістральної тріщини (2).

Рис. 1. Діаграма деформування при згині бетонної призми з ініційованою тріщиною

Найбільш крихким руйнуванням, за цим критерієм, характеризувалися зразки високоміцного бетону базового складу (ділянка 1–2 ~ 7 мкм), при величині ділянки пружного деформування (0-1) матеріалу ~ 30 мкм. Найменш крихким руйнуванням характеризувалися зразки бетону з золою винесення (ділянка 1–2 ~ 13,5 мкм) та метакаоліном (ділянка 1–2 ~ 12,5 мкм). Величина ділянки пружного деформування (0-1) зразків бетону з золою винесення та метакаоліном становила ~ 26,5 мкм. Середніми показниками крихкості руйнування характеризувалися зразки бетону з мікрокремнеземом (ділянка 1–2 ~ 10 мкм) і вапняковим борошном (ділянка 1–2 ~ 10,5 мкм). Величина ділянки пружного деформування (0-1) зразків бетону з мікрокремнеземом становила ~ 23 мкм, а зразків бетону з вапняковим борошном ~ 25 мкм.

Параметри розкриття тріщин в досіджуваних бетонах одержували шляхом моделювання за діаграмами деформування зразків-призм з ініційованою тріщиною (рис. 2): лінійної ділянки (0-1) пружнього деформування матеріалу та ділянки мікропластичних деформацій (1-2) до початку утворення магістральної тріщини (рис. 1).

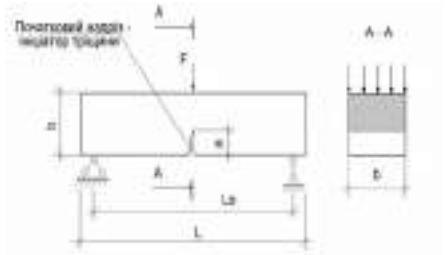


Рис. 2. Схема випробувань зразка-призми на згин з ініційованою тріщиною

За моделями була розрахована ширина розкриття тріщин (рис. 3), що відповідає початку мікротріщиноутворення та початку утворення магістральної тріщини. Як видно з рис. 3, початок утворення мікротріщин в бетоні базового складу без добавок починається при розкритті ініційованої тріщини до 17,6 мкм, при подальшому розкритті ініційованої тріщини до 21,7 мкм починається утворення магістральної тріщини. Таким чином ділянці мікропластичних деформацій відповідає розкриття тріщини ~ 4 мкм.

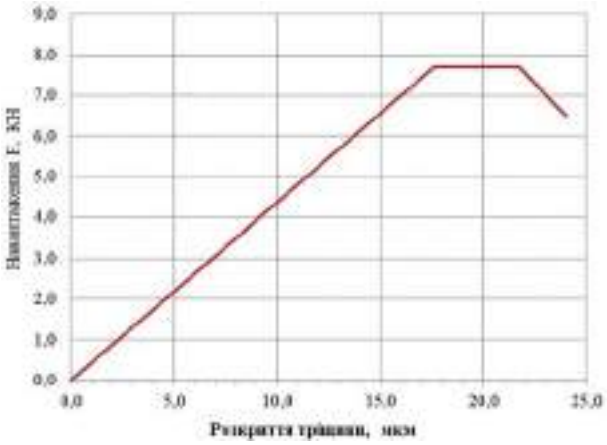


Рис. 3. Розкриття тріщини в бетоні складу без добавок за моделлю

Початок утворення мікротріщин в високоміцному бетоні з золою виносу та мікрокремнеземом починається при розкритті ініційованої тріщини 15,5 та 13,7 мкм відповідно, а при розкритті ініційованої тріщини до 23,5 та 19,8 мкм відповідно, починається утворення магістральної тріщини (рис.4). Початок утворення мікротріщин в бетоні з метакаоліном та вапняковим борошном починається при розкритті ініційованої тріщини 15,6 та 14,8 мкм відповідно, при розкритті тріщини до 22,9 та 21,1 мкм відповідно, починається утворення магістральної тріщини. Одержані за моделлю параметри розкриття тріщин були використані для прогнозування розкриття усадочних тріщин в досліджуваних бетонах (рис. 4).

Як видно з рис.4, значення розкриття тріщин внаслідок обмеженої усадки досліджуваних бетонів (за моделлю на 120 добу) в 1,5-2 рази перевищують значення розкриття тріщин початку утворення магістральної тріщини. Таким чином, за умови обмеження усадочних деформацій, утворення усадочних тріщин в досліджуваних високоміцних бетонах здатних до самоущільнення є неминучим.

Як видно з рис. 5, мікротріщиноутворення внаслідок обмеженої усадки (за моделлю) бетону без добавок починається на 9 добу, а утворення магістральної тріщини – на 11 добу тверднення. Початок утворення усадочних мікротріщин (за моделлю) в високоміцному бетоні з золою виносу, вапняковим борошном та мікрокремнеземом починається на 6 добу тверднення, а на 8, 10 та 11 добу тверднення відповідно, починається утворення усадочних магістральних тріщин (рис. 5). Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з метакаоліном починається на 8 добу, а утворення магістральних тріщин починається лише на 17 добу тверднення (рис. 5).

Отже, за результататами моделювання склад високоміцного бетону, здатного до самоущільнення з метакаоліном можна визнати найбільш тріщиностійким серед досліджуваних. Це пояснюється найменшою усадкою, відносно низьким модулем пружності та відносно великою ділянкою мікропластичних деформацій бетону цього складу. Зменшення усадочних деформацій бетону при використанні метакаоліну пояснюється збільшенням кількості новоутвореного еттрингіту внаслідок реакції Al_2O_3 метакаоліну з $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ цементу [18].

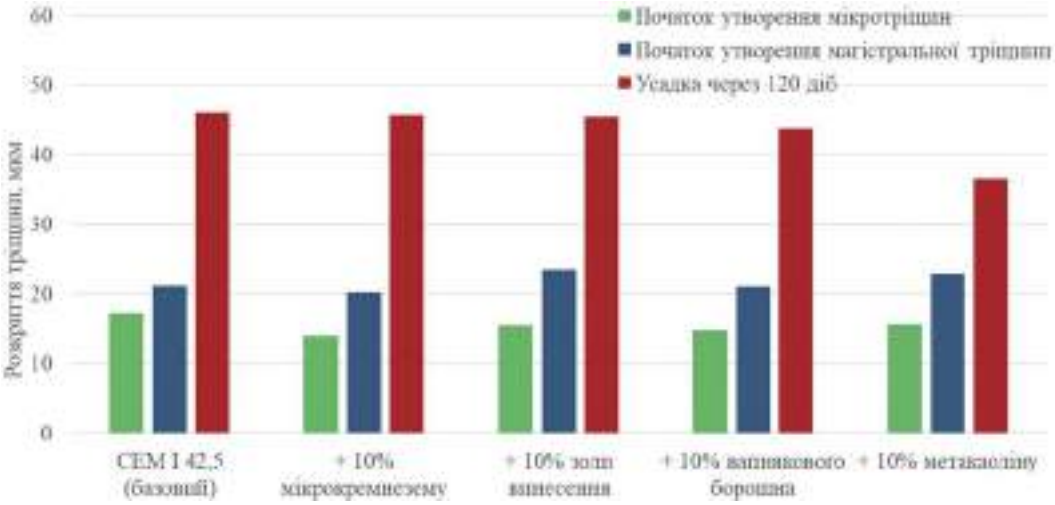


Рис. 4. Розкриття тріщин в досліджуваних бетонах за моделлю

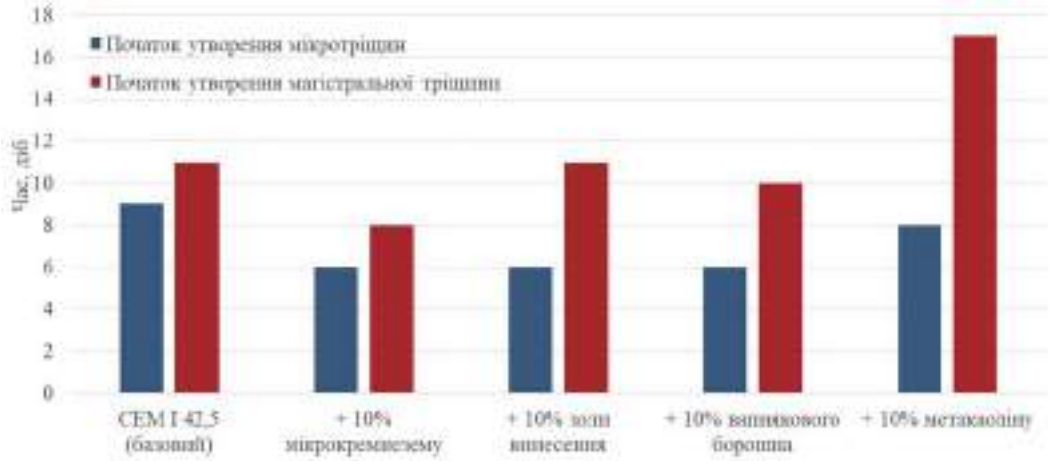


Рис. 5. Прогнозований час початку утворення усадочних тріщин в досліджуваних бетонах

Висновки

1. Шляхом моделювання за діаграмами деформування зразків-призм з ініційованою тріщиною ділянок пружних та мікропластичних деформацій встановлено параметри розкриття тріщин в досліджуваних бетонах. За моделлю встановлено, що розкриття усадочних тріщин досліджуваних бетонів (на 120 добу) значно перевищує показник початку утворення магістральної тріщини. Отже, за умови обмеження усадочних деформацій, утворення тріщин в досліджуваних бетонах неминуче.

2. За моделлю, утворення мікротріщин внаслідок обмеженої усадки високоміцного бетону без добавок починається на 9 добу, а утворення магістральної тріщини – на 11 добу тверднення. Початок утворення усадочних мікротріщин в високоміцному бетоні з золою виносу, вапняковим борошном та мікрокремнеземом починається на 6 добу тверднення. Утворення усадочних магістральних тріщин в цих бетонах починається на 8, 11 та 10 добу тверднення відповідно. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з метакаоліном починається на 8 добу, а магістральної тріщини – на 17 добу тверднення. Отже, склад бетону з метакаоліном можна визнати найбільш тріщиностійким серед досліджуваних.

3. Підвищена тріщиностійкість високоміцного бетону здатного до самоущільнення з добавкою метакаоліну пояснюється зменшеною усадкою, відносно низьким модулем пружності та відносно великою ділянкою мікропластичних деформацій. Зменшення усадочних деформацій бетону при використанні метакаоліну пояснюється збільшенням кількості новоутвореного еттрингіту внаслідок реакції Al_2O_3 метакаоліну з $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ цементу.

Література:

1. Lino Maia, Influence of Shrinkage Reducing admixtures on distinct SCC mix compositions|| / Lino Maia, Helena Figueiras, Sandra Nunes, Miguel Azenha, Joaquim Figueiras [Text] // Construction and Building Materials, 35 (2012),pp. 304–312.
2. Philippe Turcry, Cracking Tendency of Self-Compacting Concrete Subjected to Restrained Shrinkage: Experimental Study and Modeling [Text] / Philippe Turcry, Ahmed Loukili, Khalil Haidar, Gilles Pijaudier-Cabot, and Abdeldjelil Belarbi // Mater. Civ. Eng., 2006, 18:46–54.
3. Rozière E, Influence of paste volume on shrinkage cracking and fracture properties of self-compacting concrete [Text] / Rozière E., Granger S., Turcry P., Loukili A. // Cem. Concr. Compos., 2007, 29(8), pp. 626–636.
4. Amjad Alrifai, Paste and mortar studies on the influence of mix design parameters on autogenous shrinkage of self-compacting concrete [Text] / Amjad Alrifai, Salima Aggoun, Abdelkader Kadri, Said Kenai, El-hadj Kadri // Construction and Building Materials, 47 (2013), pp. 969–976.
5. Andreas Leemann,Impact of admixtures on the plastic shrinkage cracking of selfcompacting concrete [Text] / Andreas Leemann, Peter Nygaard, Pietro Lura // Cement & Concrete Composites, 46 (2014),pp. 1–7.
6. Klug Y., Comparison of the hardened properties of self-compacting and normal vibrated concrete [Text] / Klug Y., Holschemacher K. // Proc. 3rd Int. RILEM Symp. on Self-Compacting Concrete, Reykjavik, Iceland, 2003, pp. 596–605.
7. Weiss J., Shrinkage reducing admixtures in early age cracking in cementitious systems. Report of RILEM Technical Committee 181-EAS. Early ageshrinkage induced stresses and cracking in cementitious systems [Text] / Weiss J., Berke N. // RILEM Publications SARL, 2002.
8. Miguel José Oliveira, Curing effect in the shrinkage of a lower strength self-compacting concrete [Text] / Miguel José Oliveira, António Bettencourt Ribeiro, Fernando Garrido Branco // Construction and Building Materials, (2015).
9. Gilson Lomboy, Shrinkage and Fracture properties of Self-Consolidating Concrete [Text] /Gilson Lomboy, Kejin Wang, Chengsheng Ouyang // Journal ofMaterials in Civil Engineering, 2011, 23:1514–1524.
10. Collepardi M., Effects of shrinkage-reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non wet curing conditions [Text] / Collepardi M., Borsoi A., Collepardi S., Ogoumah Olagot J.J., Troli R. // Cem. Concr. Compos., 2005, 27(6):704–8.
11. Valeria Corinaldesi, Combined effect of expansive, shrinkage reducing and hydrophobic admixtures for durable self compacting concrete [Text] / Valeria Corinaldesi // Construction and Building Materials, 36 (2012), pp. 758–764.
12. F. Aslani,Creep and shrinkage of self-compacting concrete with and without fibers[Text] F. Aslani, S. Nejadi // Journal of Advanced Concrete Technology, 2013 Volume 11, Issue 10, Pages 251–265.
13. Apoorva Chandak, Analysis of Self-Compacting Concrete Using Hybrid Fibres [Text] / Apoorva Chandak, Nitin Agrawal, Divyansh Thakur, Abhyuday Titiksh // International Journal of Trend in Research and Development, Volume 3(2), Mar – Apr 2016.
14. Farhad Aslani, Shrinkage behavior of Self Compacting Concrete [Text] / Farhad Aslani, Shami Nejadi / Journal of Zhejiang University-Science A (Applied Physics & Engineering), 2012, 13(6):407–419.
15. G. Heirman, Influence of Mineral Additions and Chemical Admixtures on Setting and Volumetric Autogenous Shrinkage of SCC Equivalent- Mortars [Text] / G. Heirman, L. Vandewalle, D. Van Gemert, // G. De Schutter, V. Boel (Eds.), Proceedings of 5th international RILEM symposium on selfcompacting concrete, RILEM Publications S.A.R.L., Ghent, 2007, pp. 553–558.
16. B. Lothenbach, Influence of limestone on the hydration of Portland cements [Text] / B. Lothenbach, G. Le Saout, E. Gallucci, K. Scrivener// Cem. Concr. Res., 38 (6) (2008), pp. 848–860.
17. Valcuende Payá, MO., Influence of limestone filler and viscosity-modifying admixture on the shrinkage of self-compacting concrete [Text] / Valcuende Payá, MO.; Marco Serrano, E.; Parra, C.; Serna Ros, P. // Cement and Concrete Research, 42 (2012), pp. 583–592.
18. Дворкін, Л. Й. Метакаолін в будівельних розчинах і бетонах [Текст] / Л. Й. Дворкін, Н. В. Лушнікова, Р. Ф. Рунова, В. В. Троян. – К.: Вид-во КНУБА, 2007. – 216 с. ISBN 978-966-627-136-8
19. Shah S. P., A method to predict shrinkage cracking of concrete [Text] / Shah S. P., Ouyang C., Marikunte S., Yang, W., Becq-Giraudon E.// ACI Mater. J., 954, 1998, pp. 339–346.
20. Hammer T.A., Cracking susceptibility due to volume changes of self-compacting concrete [Text] / Hammer T.A.// Proc. 3rd Int. RILEM Symp. on Self- Compacting Concrete, Reykjavik, Iceland, 2003, pp. 553–557.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-08
УДК 691.22

Фурсов Ю. В. | Юнис Башир Н. | Али Адил Халид

Фурсов Ю. В., к.т.н.,
доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений
и дизайна архитектурной среды, Харьковский национальный
университет городского хозяйства им. В.А. Бекетова.
Юнис Башир Н., к.т.н.,
доцент кафедры строительной механики,
✉ docbasheer01@gmail.com ☎ +38 (093) 661 04 94;
Али Адил Халид, аспирант;
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры,
ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002.

Yu. Fursov, Ph.D.,
Associate Professor of the Department of Architecture of Buildings
and Structures and Design architectural environment, Kharkiv National
University of Urban Economy named after V.A. Beketov.
N. Yunis Bashir, Ph.D.,
Associate Professor of the Department of Structural Mechanics,
✉ docbasheer01@gmail.com ☎ +38 (093) 661 04 94.
Ali Adil Khalid, PhD student;
Kharkiv National University of Construction and Architecture,
st. Sumskaya, 40, Kharkov, 61002

ТРУБЧАТЫЕ БЕТОННЫЕ БУРОВИБРОВАКУУМИРОВАНЫЕ СВАИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

БЕТОННІ ТРУБНІ ПАЛІ, ВИГОТОВЛЕНІ ВІБРАЦІЙНО-ВАКУУМИРОВАНИМ СПОСОБОМ ДЛЯ МАЛОПОВЕРХОВОГО БУДІВНИЦТВА

CONCRETE PIPE BORED PILES MANUFACTURED BY VIBRATION-VACUUMING FOR LOW-RISE CONSTRUCTION

Аннотация. Разработаны новые конструктивные решения возведения экономичных фундаментов, основанные на технологии формирования пустотелых буронабивных свай из высокопрочного мелкозернистого бетона. В соответствии с проведённым расчётом по прочности бетона для разработанной в ХНУБА сваи вышеуказанного размера расход бетона по сравнению со сваей Страуса может быть уменьшен с 0,21 м^3 (сплошная свая) до 0,05 м^3 (свая ХНУБА), т.е. уменьшение в 4 раза.
Значительное снижение расхода материала показывает экономическую эффективность устройства в грунте тонкостенных свай.
Ключевые слова: трубчатые сваи, фундамент, бетон, малоэтажные здания, несущая способность.
Анотація. Розроблено нові конструктивні рішення зведення економічних фундаментів, яки засновані на технології формування пустотілих буронабивних паль з високоміцного дрібнозернистого бетону. Відповідно до проведеного розрахунку міцності бетону для розробленої в ХНУБА палі вищевказаного розміру, витрата бетону в порівнянні з палею Страуса може бути зменшена з 0,21 м^3 (суцільна паля) до 0,05 м^3 (паля ХНУБА), тобто зменшення в 4 рази.
Значне зниження витрат матеріалу показує економічну ефективність тонкостінних паль.
Ключові слова: трубчаста палі, фундамент, бетон, малоповерхові будівлі, несуча здатність.
Abstract. New constructive solutions have been developed for the construction of cost-effective foundations based on the technology of forming hollow bored piles from high-strength fine-grained concrete. The using of the new pile foundations in low-rise construction allows to reduce construction costs by 50 % and reduce the volume of earthworks, reduce concrete consumption.
Key words: pipe piles, foundation, concrete, low-rise buildings, bearing capacity.

Постановка проблеми

В настоящее время в Украине ощущается значительный дефицит жилья, обветшал жилищный фонд. Остро стоят проблемы жилья для молодых семей и военнослужащих. Не менее важны вопросы строительства жилья в сельской местности и для развивающегося фермерского движения, с повышением уровня жизни человек стремится обеспечить комфортные условия проживания. Учитывая, что платежная способность основной массы населения на сегодняшний день остается низкой, необходимо изыскивать новые способы строительства, которые бы снижали технико-экономические показатели. На текущий момент есть необходимость создания технологий строительства, способствующих решению жилищной проблемы с ориентировкой на дешевое, доступное для большинства граждан жилья, с учетом последних достижений строительной науки, строительного материаловедения и опыта возведения жилья как в Украине, так и за рубежом. Одним из проблемных направлений является снижение трудоемкости и повышение прочности конструкций подземной части, в частности, свайных фундаментов.

Анализ исследований и публикаций

Впервые технологию устройства набивных свай предложил в 1899 г. киевский инженер А.Э. Страус [1]. Устраивали скважину в грунте, заполняли бетонной смесью и ручным трамбованием уплотняли бетон (железобетон) (рис. 1). Из-за значительной трудоемкости такие сваи имели ограниченное применение. В 1935 г. Л.М. Пешковский предложил для жилищного строительства внедрять буронабивные сваи длиной 3÷6 м, а для бурения скважин использовать передвижные

лёгкие буровые станки. Такие сваи в бывшем СССР применялись ограниченно вплоть до 60-х гг. XX в., тогда как при строительстве крупных заводов и предприятий в основном применяли буронабивные сваи.

За рубежом (США, Германия, Япония) область применения набивных свай охватывает 40÷60 % работ по возведению фундаментов. Работы научно-исследовательских организаций показали перспективность расширенного применения набивных свай, а экономические расчёты показали, что применение коротких буронабивных свай взамен ленточных фундаментов на объектах малоэтажного строительства снижает объёмы земляных работ в 2 раза и позволяет на 40÷50% снизить стоимость фундамента [3–6].

Среди программных задач для совершенствования конструктивных решений свайных работ, направленных на расширение области применения в малоэтажном строительстве, основными являются:

- повышение несущей способности свай;
- применение коротких набивных свай длиной 2,5÷6 м;
- создание специализированных организаций, производящих полный комплекс работ по устройству фундаментов.

В свое время авторы исследований [2, 4, 7] актуализировали вопросы повышения эффективности возведения фундаментно-подвальной части зданий. Оптимизационные тенденции [8] можно охарактеризовать стремлением снизить материалоемкость при повышении несущей способности свайных конструкций.

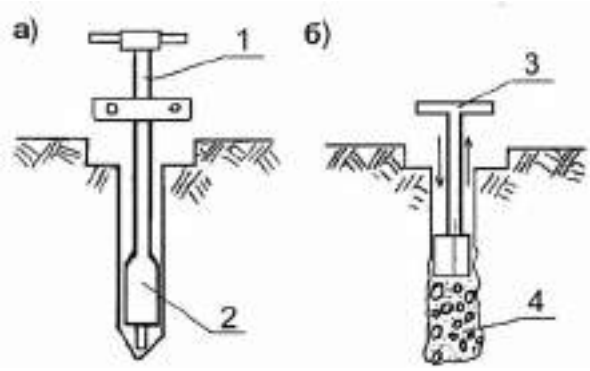


Рис. 1. Буронабивная свая А.Э. Страуса: а) устройство скважины в грунте; б) заполнение скважины бетоном и уплотнение трамбованием; 1 – ручной бур; 2 – желонка; 3 – ручная трамбовка; 4 – бетон

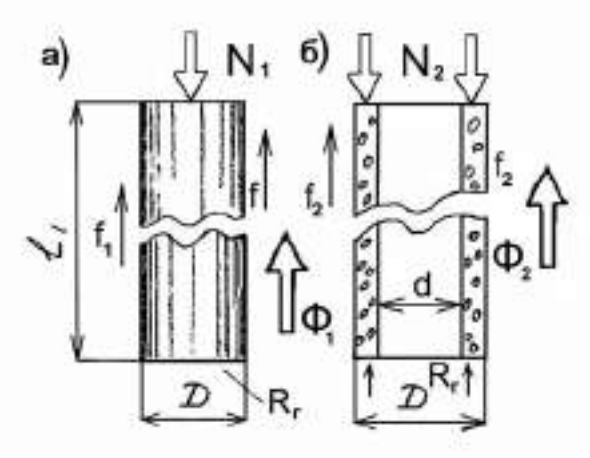


Рис. 2. Действие внешних сил на сваю:
1) сплошная бетонная свая;
2) полая свая ХНУБА

Цель исследований

Рационализация свайных конструкций малоэтажных зданий с возможностью перехода от сплошных к пустотелым сваям через снижение материалоемкости, повышение прочности и плотности бетона.

Изложение основного материала

В соответствие с нормами [2] для изготовления буронабивных свай рекомендован бетон класса С15. На рис. 2, а представлены силы, действующие на цилиндрическую висячую сваю, несущая способность которой определяется:

$$Ф = Ф_{бок} + Ф_{тор}, \quad (1)$$

где $Ф_{бок}$ – сопротивление сдвигу сваи, как следствие её защемления в грунте силой f, направленной вдоль оси, тс/м^2,

$$Ф_{бок} = Ul_1 f, \quad (2)$$

U – наружный периметр сечения сваи, м;
l_1 – средняя длина защемленной части сваи, м.

$$Ф_{тор} = S_{тор} R_3, \quad (3)$$

$Ф_{тор}$ – сила упора торца сваи в грунт, тс/м^2;
$S_{тор}$ – площадь сечения внизу сваи, м^2;
R_3 – сопротивление грунта.

От веса сооружения свая нагружена вертикальной силой N. Для нормальной работы основания необходимо соблюдение условия $Ф \geq N$.

Кроме того, что свая должна без деформаций по грунту воспринимать усилие N, материал сваи также должен выдерживать нормальное напряжение $б_b$ от силы N:

$$б_b = N / S_b \quad (4)$$

S_b – площадь сваи, на которую опирается часть сооружения (сила N).

Необходимо условие $б_b < R_b$, где R_b – расчётное сопротивление бетона на сжатие.

Рассмотрим сваю диаметром $d = 0{,}3$ м длиной $l_1 = 3{,}0$ м, грунт-суглинок f = 0,25 кг/см^2, R_3 = 0,3 кг/см^2. $Ф_{бок}$ = = 0,25*28200 = 7050 кг, $Ф_{тор}$ = 211 кг, Ф = 7050+211 = 7261 кг.

При нагрузке $N = Ф$ = 7261 кг нормальное напряжение на бетонный стержень составляет:

$$б_ф = Ф/S \quad (5)$$

$$б_ф = 7261 кг / 706 см^2 = 10{,}3 кг/см^2.$$

Для принятого класса С15 расчётное сопротивление бетона R_b = 85 кг/ см^2, таким образом только 12% расчётной прочности «работает» в конструкции сваи, и имеет место «запроектированный» перерасход бетона, и для экономного расходования материала необходимо обеспечить полную загрузку бетона. Для рекомендуемого класса бетона С15 достаточная прочность по бетону сваи обеспечивается при её поперечном сечении:

$$S_{дост} = Ф / R_b \quad (6)$$

Для рассматриваемого случая:

$$S_{дост} = 7261 кг/85 кг/ см^2 = 85{,}5 см^2.$$

Теоретически для уравнивания двух показателей несущей способности сваи по грунту и сопротивления сваи по материалу рациональной конструкцией является пустотелая тонкостенная цилиндрическая свая (рис. 2, б). Например, для сваи длиной 3,0 м, диаметром 300 мм достаточная толщина стенки 20 мм.

В соответствии с проведённым расчётом по прочности бетона для разработанной в ХНУБА сваи вышеуказанного размера расход бетона по сравнению со сваей Страуса может быть уменьшен с 0,21 м^3 (сплошная свая) до 0,05 м^3 (свая ХНУБА), т.е. уменьшение в 4 раза.

Значительное снижение расхода материала показывает экономическую эффективность устройства в грунте тонкостенных свай. Что выдвигает соответствующие требования к бетону, в частности, по предельно допустимой крупности щебня (1\3 толщины стенки), т.е. может быть использован только мелкозернистый бетон. Уплотнение такой смеси отличается от технологии, принятой для обычного бетона. Для нового типа сваи разработана новая технология возведения тонкостенных свай, обеспечивающая формование пустотелой части сваи.

В подготовленную скважину в грунте 2 на дно укладывается бетонная смесь 3. Укладывается перфорированный конусный стержень (ядро) 1 из металла или полимера вертикально на бетонную смесь. Сверху находится фильтр 4 из ткани или другого подобного материала. Ядро 1 выполнено таким образом, что соотношение d_1/d_2 на 1 м длины сваи составляет 10÷15 мм, т.е. в виде усеченного конуса. Внутри данного конуса находятся вибраторы 5 для уплотнения бетонной смеси и шланг 6 для откачивания лишней воды. Шланг 6 через кран 7 подсоединяется к насосу. Литая бетонная смесь 3 укладывается в пространство между стержнем 1 и стенкой скважины 2, уплотняется вибраторами 5, вода откачивается через кран 8 в течение 1÷5 мин в зависимости от диаметра сваи. Конусный стержень 1 поднимается вертикально с помощью подъемных устройств.

Экспериментально установлено, что наибольшая эффективность достигается при формировании свай методом вибровакуумирования с удалением из свежеуложенной бетонной смеси до 30% лишней воды. В результате такой обработки бетонная смесь уплотняется, что, в свою очередь, увеличивает физико-механические свойства.

Лабораторные исследования на модели ($d_н$ = 0,14 м, $d_в$ = 0,1 м) показали, что мелкозернистый бетон на гранитном отсеве (*фр* = 0,1÷5 мм) при В/Ц= 0,38÷0,40 соответствуют классу С35. В производственных условиях были изготовлены опытные сваи диаметром 400 мм, длиной 4 м. Была испытана несущая способность сваи по грунту и по материалу. Кубиковая прочность бетона 46,9 МПа. В табл. 1 представлены данные о величине сопротивления f боковой поверхности свай.

Фундаменты на предложенных сваях могут найти применение в малоэтажном строительстве.

Предложенное решение позволяет:

- использовать жесткие мелкозернистые бетонные смеси с относительно недорогими заполнителями (гранотсев и местные пески);
- применение для уплотнения бетона прессования, что дополнительно обеспечивает укрепление зоны контакта бетона и стенки грунтовой скважины;
- применение модифицированного бетона, который обеспечивает при необходимости очень быстрое схватывание бетонной смеси, что предотвращает разрушение в условиях увлажнения водонасыщенными грунтами.

Выводы

Разработаны новые конструктивные решения возведения экономичных фундаментов, основанные на технологии формирования пустотелых буронабивных свай из высокопрочного мелкозернистого бетона. Применение данных свайных фундаментов в малоэтажном строительстве позволяет на 50 % снизить стоимость строительства и снизить объёмы земляных работ, уменьшить расход бетона и использовать местные пески и отсевы производства щебня.

Таблица 1.

Сопротивление на боковой поверхности свай

Показатель	Вид набивной сваи		
	ДБН	свая Страусса	свая ХНУБА
Сопротивление на боковой поверхности *f*, кг/см^2	0,25	0,34	0,54

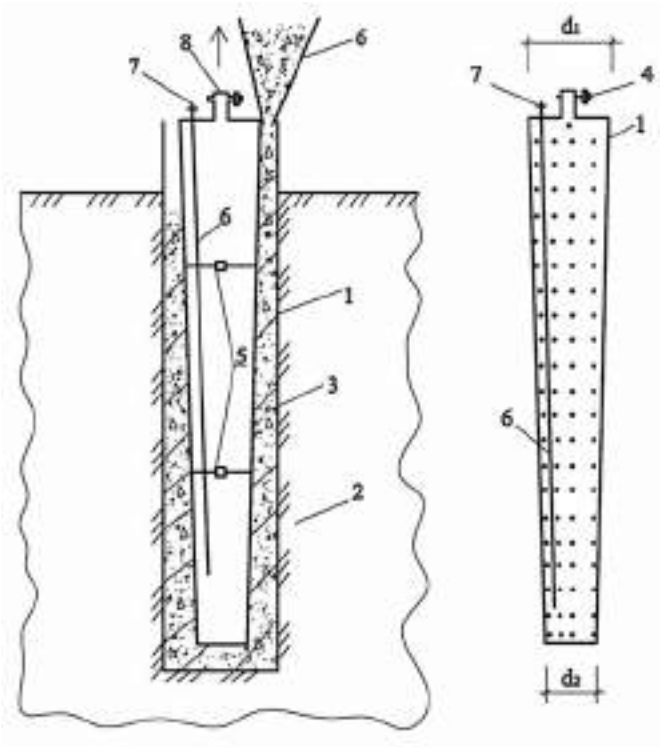


Рис. 3. Технология формирования полой набивной сваи ХНУБА

Литература:

1. Wrana B. Lectures on Foundations, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2015.
2. Tomlinson M.J. Pile Design and Construction Practice. Viewpoint Publications. London, 2008.
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України. 2018. 42 с.
4. Патент 2637 UA. E02D5/38, E02D7/00. Пристрій для формування трубчастих конструкцій з бетонних сумішей.
5. Беленький С.Б. Проектирование и устройство свайных фундаментов. Москва : Высшая школа, 1983. 328 с.
6. Барский Б.Л., Вандоловский А.Г., Черниговский В.А. Прессованные трубчатые сваи. Строительство трубопроводов. 1991. №4. С. 33–34.
7. Люлько А.О., Черниговский В.А. Повышение эффективности свайных фундаментов под малоэтажное строительство. Науковий вісник будівництва : зб. наук. праць. Харків : ХНУБА, ХОТВ АБУ. 2009. Вип. 52. С. 109–112.
8. Шумаков И.В., Микаутадзе Р.И., Ляхов И.И. Оптимизационные тенденции в прогнозировании продолжительности строительства. Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. Харків : ХНУБА, ХОТВ АБУ. 2018. Вип. 1(91). С. 115–120.

ВСЕ ПРО КЕРАМІКУ*

ГОЦ Володимир Іванович – доктор технічних наук, професор, декан будівельно-технологічного факультету, завідувач кафедри технології будівельних конструкцій та виробів Київського національного університету будівництва і архітектури, заслужений працівник освіти України, лауреат державної премії України в галузі науки і техніки, дійсний член Академії будівництва України та Української академії наук. Автор понад 280 опублікованих наукових робіт, серед яких 2 монографії, 9 підручників, 2 навчальних посібника, 1 довідник, має 22 авторських свідоцтв і патентів на винаходи. Підготував 7 кандидатів технічних наук.
Нагороджений орденами II і III ступенів «За заслуги», Почесною грамотою Верховної Ради України, подякою прем'єр-міністра України, нагрудним знаком «Відмінник освіти України», нагрудним знаком київського міського голови «Знак пошани», двома подяками київського міського голови, нагрудним знаком «Знак пошани КНУБА», лауреат I премії Національної академії наук вищої освіти України конкурсу «Краще видання року» у номінації «Підручник».

✉ gots.vi@knuba.edu.ua

ГЕЛЕВЕРА Олександр Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій і виробів Київського національного університету будівництва і архітектури.
Автор понад 120 наукових робіт, в т.ч. авторських свідоцтв та патентів на винаходи, нормативних документів (ДСТУ, ТУ, будівельні норми, галузеві стандарти), понад 20 учбово-методичних розробок, у т. ч. шести підручників і одного довідника. Лауреат I премії Національної академії наук вищої освіти України конкурсу «Краще видання року» у номінації «Підручник».

✉ a-gelevera@ukr.net

НЕСТЕРОВ Валерій Григорович – генеральний директор Асоціації підприємств «Київміськбудматеріали», генеральний директор ВАТ «Комбінат будіндустрії», заступник голови ради директорів міста Києва, заступник президента громадської організації «Київська міська організація роботодавців», заступник голови комітету будівельних матеріалів Конфедерації будівельників України, заслужений винахідник СРСР, заслужений працівник промисловості країни, доцент кафедри «Технології будівельних конструкцій і виробів» Київського національного університету будівництва і архітектури, доцент кафедри «Хімічного, полімерного і силікатного машинобудування» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», автор понад 50 науково-методичних праць, у т.ч. 5 підручників і посібників.
Нагороджений орденами «Знак пошани», «За заслуги» II та III ступенів, нагрудним знаком «Відмінник освіти України».

✉ vh.nesterov@gmail.com

ТЕЛЮЩЕНКО Іван Федорович – генеральний директор ТОВ «Керамейя». Голова державної екзаменаційної комісії Роменського коледжу Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана»
Кандидат технічних наук. Заслужений будівельник України, лауреат премії ім. Буднікова, Нагороджений почесними грамотами та нагрудними знаками Верховної ради України, Асоціації якості України, нагрудний знак «За заслуги» Держспоживстандарту України, Орден Святого князя Володимира Великого, визнаний кращим інвестиційним менеджером Сумщини 2007 р., Удостоєний почесною нагородою Сумської міської ради «За заслуги перед містом I ступеня», нагороджений нагрудним знаком «Профспілкова галузева відзнака», орденом «За заслуги» III ступеня, почесним знаком ФПУ «За розвиток соціального партнерства», орденом святого Архістратига Михаїла II ступеня.

✉ i.telyushchenko@kerameya.com.ua

На моєму робочому столі товстий – 750(!) сторінок підручник про простий та одночасно складний, найдавніший та завжди молодий будівельний матеріал із випаленої глини – кераміку. Будівельна кераміка супроводжує нас на кожному кроці життя – у квартирі і на вулиці, на роботі і у відпустці.

Виготовлення керамічних виробів – професія технологічна. Сучасне високотехнологічне виробництво потребує адекватного професійного рівня фахівців. Сучасний технолог повинен вільно володіти пакетом знань у різних областях фундаментальних та прикладних наук – хімії, фізики, механіки, процесів і апаратів, інформатики та навіть дизайну.

Щойно виданий підручник за своїм змістом гарантує високоякісну підготовку технологів. Він відрізняється енциклопедичним характером ретельно обґрунтованого і доступно поданого матеріалу. Книга логістично розбита на дві частини – підготовчі сировинні операції та загальні процеси, а також технології окремих керамічних матеріалів та виробів. Кожен розділ містить наукові та практичні аспекти, які достатні за обсягом для реалізації потрібних результатів.

В якості прикладів наведемо розділи «сировинні матеріали» (стор. 14…101), «випалювання керамічних матеріалів і виробів» (стор.397…424). Усі розділи закінчуються контрольними запитаннями для самопідготовки студентів.

Позитивним є прагнення авторів охопити практично всі види кераміки з урахуванням специфіки виробництва. У цьому сенсі виділяється розділ 10 «технологія керамічної плитки» (стор. 459…556). Привертає увагу пункт 10.8 «сучасні способи виробництва» (стор. 535…541), де наводяться нові терміни – моно- і бікоттури, котто, лаппатована поверхня, грес, 3D – плитка та ін. Певна увага приділяється керамограніту та новітнім технологіям плитки на його основі.

Добре, що знайшлося місце легким заповнювачам та теплоізоляційним матеріалам (стор. 641…719).

На цьому тлі біднувато виглядає бібліографічний список (стр.720…724). Автори не знайомі з підручником Д. Річерсона**. Можна додати посібник польських колег за методами досліджень та випробувань керамічної сировини та виробів***. Залучення відомостей з цих видань, на наш погляд, було б корисним.

Ми дуже високо оцінюємо підсумки величезної праці авторів підручника, який рецензується. Справжній професіоналізм, бажання та вміння просто викладати багатогранний специфічний матеріал – характерні риси, що в наш непростий час, обумовлюють цінність підручника як для студентів, так і для широких кіл науковців та виробників.

Особливо відзначимо першого співавтора книги, професора Володимира Івановича Гоца, справжнього ентузіаста створення ґрунтовних підручників та монографій у галузі будівельного матеріалознавства.

О. Ушеров-Маршак, професор,
лауреат почесної нагороди «KERAMOS»
Гірничо-металургійної
академії (AGH), Краків

* Гоц В.І., Гелевера О.Г., Нестеров В.Г., Телющенко І.Ф. Технологія керамічних будівельних матеріалів та виробів: підручник. – К.: Основа. 2020 – 744 с.
** Richerson O., William E. Modern Ceramic Engineering. Properties, Processing and uze in desigh. IV ed., CRC Press, New York, 2018. – 836 с.
*** Brylska E., Murzyn P., Stolecki I. Ceramiczne materialy budovlane. Metody badan surowcow I wyrobow. Wyd. AGH, Krakow, 2014. – 228 с.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-09
УДК 67.06 : 666.9.022

Мельник Л. І. Білоусов О. Ю. Свідерський В. А. Черняк Л. П.

Мельник Л. І., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,
✉ luba_xtkm@ukr.net ☎ +38 (063) 723 81 79;
Білоусов О. Ю.,
здобувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,
✉ belousov-oleg@ukr.net ☎ +38 (050) 546-27-55;
Свідерський В. А., доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,
✉ xtkm@kpi.ua ☎ +38 (067) 777 62 42;
Черняк Л. П., доктор технічних наук, професор,
професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,
✉ lpchernyak@ukr.net ☎ +38 (067) 298 57 75;
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
пр. Перемоги, 37, корп. 21, м. Київ, Україна, 03056

Liubov Melnyk, PhD, Associate Professor, Associate Professor
of the Department of Chemical Technology of Composite Materials
✉ luba_xtkm@ukr.net ☎ +38 (063) 723 81 79;
Oleg Bilousov,
applicant of the Department of Chemical Technology of Composite Materials,
✉ belousov-oleg@ukr.net ☎ +38 (050) 546-27-55;
Valentin Svidersky, doctor of technical sciences Sciences, Professor,
Head of the Department of Chemical Technology of Composite Materials,
✉ xtkm@kpi.ua ☎ +38 (067) 777 62 42;
Lev Chernyak, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Chemical Technology of Composite Materials,
✉ lpchernyak@ukr.net ☎ +38 (067) 298 57 75;
National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Siekorsky»,
37 Peremohy Avenue, 21, Kyiv, Ukraine, 03056

ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

TO THE QUESTION OF REDUCTION OF POWER-HUNGRYNESS OF MAKING OF POROUS COMPOSITION MATERIALS

К ВОПРОСУ УМЕНЬШЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Анотація. Подано результати досліджень по технології виготовлення пористих композиційних матеріалів на основі систем наповнювач – сополімер. Показано особливості порової структури та властивостей матеріалу при використанні 80-89 мас. % керамічного шамоту і природного цеоліту із Latex 2012 як зв'язуючим.
Ключові слова: композиційний матеріал, наповнювач, сополімер, склад, ліофільність, пористість, властивості.
Abstract. Results of researches on technology of making of porous composition materials on basis of the systems a filler – copolymer are given. The features of pore structure and properties of material at the use of 80-89 % ceramic chamot and natural zeolite with Latex 2012 as connective are shown.
Keywords: composition material, filler, polymer, composition, liophilicity, porosity, properties.
Аннотация. Приведены результаты исследований по технологии изготовления пористых композиционных материалов на основе систем наполнитель – сополимер. Показаны особенности поровой структуры и свойств материала при использовании 80-89 мас. % керамического шамота и природного цеолита с Latex 2012 как связующим.
Ключевые слова: композиционный материал, наполнитель, сополимер, состав, лиофильность, пористость, свойства.

Вступ

Фізико-механічні та експлуатаційні характеристики композиційних матеріалів різного призначення визначаються властивостями різновидів наповнювачів і зв'язуючих, їх кількісним співвідношенням, способами виготовлення [1-3].

Наповнювач є армуючим компонентом композиту, що надає матеріалові міцності, жорсткості, стабільності властивостей в певному температурному інтервалі [4]. Як наповнювачі використовують природні та штучні матеріали різного генезису, складу та властивостей [5], що потребує врахування при визначенні вихідних мас для виробництва композитів.

Ефективність виробництва залежить також від енергоємності обраної технології. Так, підвищена енергоємність керамічних пористих фільтруючих композитів визначається використанням шамоту високотемпературного випалу (1300-1350 °С) та необхідністю випалу при максимальній температурі 900-1200 °С кінцевого продукту на основі системи шамот-зв'язуюче [6-8].

В цьому зв'язку виникає доцільність використання менш енергоємного шамоту низькотемпературного випалу [9], ширше застосування природної сировини, зокрема вулканічного походження [10], впровадження безвипалювальної технології виготовлення композитів на основі систем мінеральний наповнювач-полімерне зв'язуюче [11].

Можливість регулювання структури та властивостей композиційних матеріалів, зменшення енергоємності виробництва при залученні в їх виробництво нових різновидів вихідної сировини визначають актуальність даних досліджень.

Методи та об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження стали композиційні матеріали на основі системи дисперсний наповнювач – сополімер при диференціації різновиду та кількісного співвідношення компонентів.

Як наповнювачі використовували лубенський шамот (код проб Л) – продукт подрібнення керамічної цегли, виготовленої з легкоплавкої полімінеральної глини та випаленої у кільцевій печі періодичної дії при максимальній температурі 950 °С, та природний цеоліт Сокирницького родовища Закарпатської області (код проб Z).

Наповнювачі мали однакову ступінь дисперсності при розмірі частинок < 0,5 мм.

Як зв'язуючий компонент використовували водну стирол-бутадієнову дисперсію марки Latex 2012 (табл. 1). Концентрація сополімеру у вихідних масах визначалась за масою в сухому залишку.

Спосіб виготовлення зразків композиту включав операції:

- змішування та механоактивація наповнювача і зв'язуючого шляхом спільного розтирання;
- дозування наважок масою 15,0 г;
- формування зразків матеріалу на гідравлічному пресі при однаковому тиску.

Таблиця 1.

Характеристики сополімеру

Показники	Марка сополімеру
	Latex 2012
Зовнішній вигляд	Водна дисперсія білого кольору
Вмістом сухого залишку,%	51,0%
pH	5,5
В'язкість, МПа•с	200
Температура (МТПУ), °С	< 5
Хімічний склад	Стирол-бутадієн
Вміст стиролу, %	30
Вміст бутадієну, %	70
Розмір часток, нм	140

Методика роботи передбачала поєднання фізико-хімічних методів аналізу сировини та композитів з неї з технологічними тестуваннями властивостей матеріалу:

- аналіз хімічного складу сировинних компоненті за стандартними методиками;
- аналіз властивостей поверхні та ліофільності дисперсних частинок при натіканні полярною і неполярною рідиною [12,13];
- рентгенофазовий аналіз (РФА) проводили за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-4-07 (CuKa-випромінювання, Ni-фільтр), підключеного через інтерфейс до комп'ютера, що дозволило проводити зйомку дифрактограм в чисельному вигляді в діапазоні 2-90 2Θ з регулюванням кроку 0,05°; час експонування кожної точки – 6 секунд. В якості зовнішніх стандартів використовували SiO_2 (стандарт 2Θ) і Al_2O_3 (стандарт інтенсивності). При розшифровці фазового складу використовували базу даних Міжнародного комітету порошкових дифракційних стандартів (JCPDS);
- тестування фізико-технічних характеристик зразків матеріалу.

Аналіз складу і властивостей наповнювачів

Досліджувані наповнювачі штучного та природного походження суттєво відрізняються за хіміко-мінералогічним складом.

За хімічним складом при приблизно однаковому вмісті SiO_2 природний цеоліт характеризується кількісним співвідношенням $SiO_2 : Al_2O_3 = 5,2$ проти 6,1 для шамоту, має менший вміст CaO при більшій кількості лужних оксидів $Na_2O + K_2O$ (табл. 2).

Аналіз мінералогічного складу досліджуваної сировини показав, що основним породоутворюючим мінералом цеоліту є клиноптилоліт (65–80 %), а лубенський шамот містить полікристалічний комплекс із переважною кількістю кварцу і польових шпатів (рис. 1, 2).

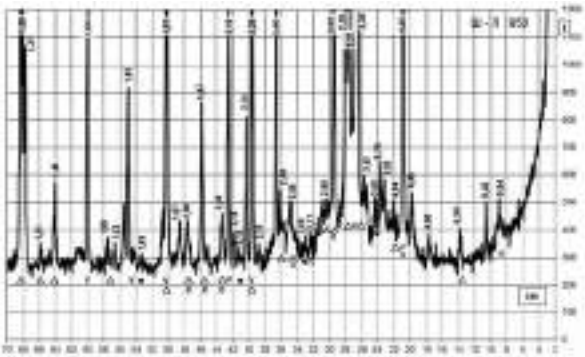


Рис. 1. Дифрактограма проби лубенського шамоту.
Позначення:
v – кварц,
Δ – польовий шпат,
o – гідрослюда,
● – гематит,
x – кальцит

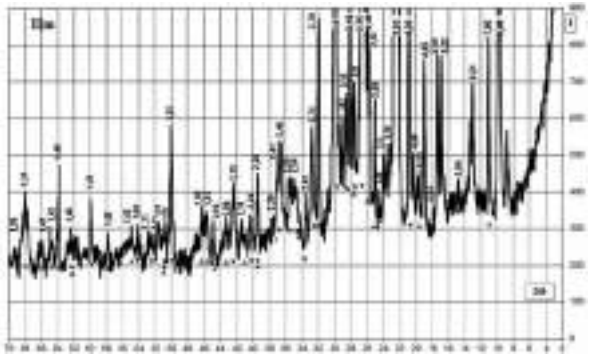


Рис. 2. Дифрактограма проби цеоліту Сокирницького родовища.
Позначення:
z – цеоліт,
v – кварц,
+ – каолініт,
Δ – польовий шпат

Оцінка енергетичного стану поверхні та ліофільність частинок наповнювачів як фактору взаємодії з водною дисперсією сополімеру свідчить про суттєві відмінності при натіканні полярною і неполярною рідинами (табл. 3).

При цьому очевидно, що навіть при рівних показниках змочування суттєво більша ефективна питома поверхня цеоліту визначає відповідно більшу ступінь взаємодії з сополімером при формуванні порової структури композиту.

Таблиця 2.

Хімічний склад наповнювача

Назва проби	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	в.п.п
Шамот	66,93	10,90	3,04	0,62	7,96	1,54	0,97	1,96	4,50
Цеоліт	68,02	13,04	1,92	0,30	2,71	1,63	1,57	2,64	16,94

Таблиця 3.

Властивості поверхні природних матеріалів

Матеріал	Змочування при натіканні / Коефіцієнт фільтрації, $K \cdot 10^{-6}$ см^3·с/г		Питома ефективна поверхня, м^2/г		Умовний tgδ
	вода	ксилол	вода	ксилол	
Шамот лубенський	0,65 / 1,52	0,47 / 1,05	9,00	5,45	0,018
Цеоліт	0,71 / 2,97	0,47 / 2,10	18,10	12,90	0,025

Порова структура та властивості досліджуваних композитів

Отримані результати тестувань показують наявність загальних закономірностей та суттєві відмінності у поровій структурі та показниках властивостей досліджуваних композитів (табл. 4, рис. 3, 4).

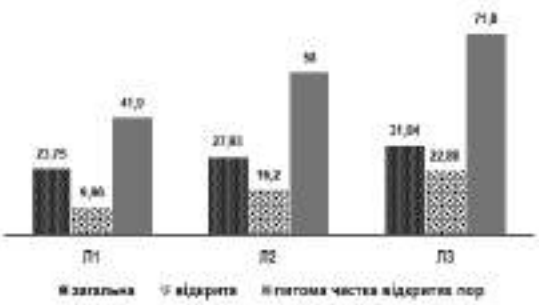


Рис. 3. Співвідношення різновидів пористості композиту на основі шамоту

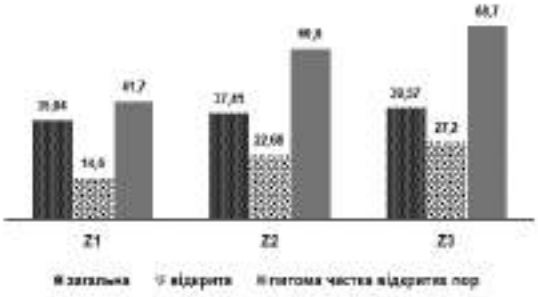


Рис. 4. Співвідношення різновидів пористості композиту на основі цеоліту

Так, до загальних закономірностей при збільшенні концентрації наповнювачів відносяться зростання відкритої та загальної пористості, водопоглинання, пружності та відносної деформації при стиску, зменшення абразивної стійкості.

Разом з тим, при цьому абсолютні значення показників вказаних характеристик і інтенсивність їх змін суттєво різняться. Для композиту на основі цеоліту у порівнянні з композитом на основі лубенського шамоту при зростанні концентрації наповнювача від 80 до 89 мас. %:

- відкрита пористість збільшується в 1,9 раз і досягає 27,20 % проти відповідно – в 2,3 рази і 22,88 %;
- загальна пористість збільшується в 1,1 раз і досягає 39,57 % проти відповідно – в 1,3 рази і 31,84 %;
- водопоглинання збільшується в 1,8 раз і досягає 19,3 мас.% проти відповідно – в 2,3 рази і 14,0 мас. %;
- відносна деформація при стиску збільшується в 1,5 рази і досягає 58,9 % проти відповідно – в 4,6 раз і 30,6 %;
- втрати маси при стиранні становлять 0,023-0,034 проти 0,003-0,009 г/см^2.

Висновки

1. На основі результатів комплексного дослідження складу, порової структури та властивостей матеріалу показана можливість виготовлення безвипалювальних пористих композитів на основі системи мінеральний наповнювач-полімерне зв'язуюче.

2. Визначено доцільність використання керамічного шамоту низькотемпературного випалу та природного цеоліту як наповнювачів пористих композитів з метою зменшення енергоємності та підвищення ефективності виробництва.

3. Виявлено відмінності формування порової структури в системі мінеральний наповнювач-сополімер в залежності від ліофільності та розвитку питомої поверхні частинок наповнювача.

Таблиця 4.

Фізико-механічні властивості композиційного матеріалу

Код зразків	Концентрація наповнювача, Сн, мас. %	Водопоглинання, w, мас. %	Середня густина, г/см^3	Відносна деформація при стиску, %	Стираність, г/см^2
Л1	80	6,0	1,66	6,70	0,005
Л2	84	9,8	1,65	9,10	0,006
Л3	89	14,0	1,63	30,57	0,009
Z1	80	11,0	1,46	39,01	0,023
Z2	84	16,2	1,41	54,86	0,028
Z3	89	19,3	1,40	58,93	0,034

Література:

1. Chawla Krishan K. Composite Materials. Science and Engineering. – Springer International Publishing , 2012. – 560 p.
2. Ever J. Barbero. Introduction to Composite Materials Design. 3rd Edition. – CRC Press, 2017. – 570 p.
3. Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Козомазов В.Н. Полимерные композиционные материалы. Уч.пос. для ВУЗов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2013. – 475 с.
4. M.D.Kiran, H.K. Govindaraju, T. Jayaraju, Nithin Kumar. Review-Effect of Fillers on Mechanical Properties of Polymer Matrix Composites // Materialstoday: Proceedings, 2018. – Vol. 5, Is. 10. – Part 3. – pp. 22421-22424.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справочное пособие / Под ред. Г.С. Каца, Д.В. Милевски. – М.: Химия, 1981. – 255 с.
6. Смирнова К.А. Пористая керамика для фильтрации и аэрации. – М.: Стройиздат, 1968. – 172 с.
7. Белоусов О.Ю. Пористая керамика для систем водоочистки / О.Ю. Белоусов // Строительные материалы и изделия. – 2007. – № 1(42). – С.27 -28.
8. Hammel E.C. Processing and properties of advanced porous ceramics: An application based review / E.C.Hammel, O.L.-R.Ighodaro, O.I.Okoli // Ceramics International, 2014. – Vol. 40. – Is. 10. – Part A. – pp. 15351-15370.
9. Білоусов О.Ю. Різновиди шамоту як фактор впливу на структуру та властивості пористої кераміки / О.Ю. Білоусов, В.А. Свідерський, Л.П. Черняк, О.М. Шнирук // Строительные материалы и изделия. – 2020. – № 1-2. – С. 40-42.
10. Черняк Л.П. Структурні зміни та властивості магматичних порід Західної України // Керамика: наука и жизнь, 2016. – № 4 (33). – С. 4 – 12.
11. Мельник Л.І., Черняк Л.П., Козловець О.В. Композиційний матеріал на основі андезиту Закарпаття // Керамика: наука и жизнь, 2020. – № 3 (48). – С. 13 – 17.
12. Пащенко А.А., Крупа А.А., Свидерский В.А. К вопросу определения гидрофобности пористых дисперсных материалов// Докл. АН УССР. – Сер. Б. – 1974. – №10. – С. 913-916.
13. Myronyuk O., Baklan D., Nudchenko L. Evaluation of the Surface Energy of Dispersed Aluminium Oxide Using Owens-Wendt Theory. Technology Audit and Production Reserves, 2020, 2 (1 (52)), 25–27.

Вітаємо з 50-річчям науково-технічної діяльності доктора технічних наук, професора, знаного фахівця промисловості будівельних матеріалів Черняка Лева Павловича та з присвяченим до цієї дати виданням бібліографії основних друкованих робіт за цей період його наукової діяльності.

Наведені праці є результатами експериментальних досліджень та виробувань, виконаних за участю моїх колег по роботі на підприємствах промисловості будівельних матеріалів, у науково-дослідних інститутах «НИИстройкерамика», «НИИСМИ (НДІБМВ)», у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» та у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Всім вам я щиро вдячний!

Лев Павлович Черняк

Бібліографія містить перелік основних друкованих робіт доктора технічних наук, професора Черняка Лева Павловича за 50 років науково-технічної діяльності. Згідно положення сучасного матеріалознавства про зв'язок склад → структура → властивості наведені праці в області хімічної технології силікатів згруповано у відповідні розділи: «Силікатна сировина», «Структуроутворення силікатних систем», «Силікатні матеріали та вироби». Вказані розділи містять перелік монографій, брошур, статей та винаходів, присвячених розвитку сировинної бази виробництва силікатної промисловості з комплексним використанням природних і техногенних матеріалів, поглибленню наукових уявлень про структуроутворення дисперсних систем на стадіях технологічних процесів виробництва кераміки та в'яжучих матеріалів, вдосконаленню та інтенсифікації процесів виробництва силікатних матеріалів і виробів у відповідності до сучасних вимог ресурсозбереження та конкурентоспроможності.

Розділи

- ✓ Силікатна сировина
- ✓ Структуроутворення силікатних систем
- ✓ Силікатні матеріали та вироби
- ✓ Кераміка
- ✓ Хімічно стійка кераміка
- ✓ Керамічні труби
- ✓ Санітарна кераміка
- ✓ Керамічні плитки
- ✓ Цегла та архітектурно-оздоблювальна кераміка
- ✓ Пориста кераміка
- ✓ Мінеральні в'яжучі матеріали
- ✓ Композиційні матеріали

Сендвіч-панель Kingspan для плоскої покрівлі – Х-дек

Х-дек – це конструкція, яка складається з трьох елементів:

- **ПВХ мембрана 1.5 мм (Sika)**
  приклеєна до утеплювача (ширина панелі 1000 мм, ширина мембрани 1100 мм – 100 мм нахлест)
- **Утеплювач**
  (пожежебезпечна піна IPN або QuadCore товщиною 80, 100 або 140 мм + ця ж піна в «ребрах» профлиста)
- **Несучий профнастил**
  (висота 108 мм, високоміцна сталь 320 Мпа товщиною 0.9 або 1.1 мм)

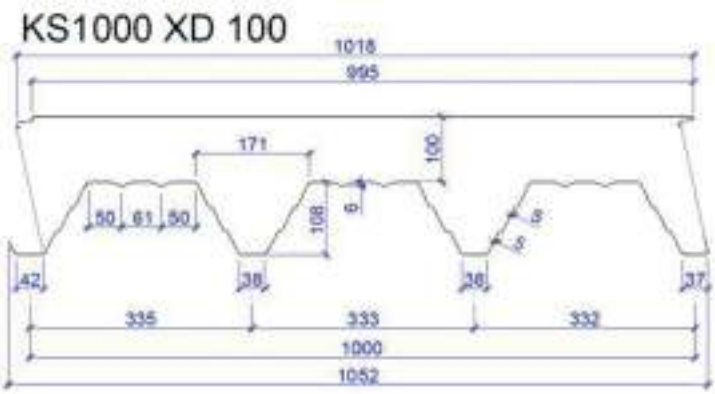
Х-дек – прекрасна альтернатива м'якій «набірній» покрівлі.

Ми реалізуємо панелі Х-дек на покрівлях промислових об'єктів, торгових центрів, логістичних комплексів, магазинів, АЗС тощо.

Конкурентні переваги панелі Х-дек:

При приблизно за тією ж ціною (якщо враховувати вартість монтажу і всієї конструкції) Ви отримуєте покрівлю з великою кількістю переваг:

- Сендвіч-панель Х-дек є системою БЕЗ прогонів, тобто панель несе снігове навантаження (200–300 кг / кв) на прольоті 6 метром
- Ухил покрівлі від 0,5 градуса (1%)
- Швидкість монтажу панелей Х-дек вище в 2–4 рази, ніж «набірної» покрівлі
- А якщо вроховувати монтаж прогонів, то швидкість монтажу Х-дек може досягти 10-кратної переваги перед «набірною» покрівлею
- ПВХ-мембрана вже приклеєна до утеплювача в заводських умовах. Потрібно тільки зварити стики ПВХ-мембрани
- Простота монтажу (ціна монтажу нижче приблизно на 4 євро / кв; практично не потрібно додаткових аксесуарів)
- Невелика вага всієї конструкції з панелей Х-дек (15–20 кг / кв, в порівнянні з 50–80 кг / кв «набірної» покрівлі) дає можливість здешевити весь каркас об'єкта
- Не «продавлюється» утеплювач навіть при великих точкових навантаженнях (обладнання, сонячні батареї). Максимальне навантаження на поверхню панелі Х-дек – до 15 тонн / кв.
- Надійність системи набагато вище (неможливість намокання утеплювача – покрівля не протече)
- Теплотехніка набагато краще (Х-дек в 2–3 рази тонше, ніж «пиріг» з мінеральної вати при тих же теплотехнічних показниках)
- Протипожежні властивості краще (немає тиску на несучий профнастил важкої мінвати). REI 30 – застосування панелей Х-дек без обмежень.
- Протипожежний протокол – FM approved. Компанія Кінгспан єдина в Європі компанія, яка має протокол FM для панелей з полімерними утеплювачами IPN і QuadCore
- Естетичний вигляд як знизу так і зверху панелей Х-дек протягом всього терміну експлуатації (ідеальна поверхня зверху, немає наскрізних саморізів знизу)
- Цілісність конструкції – всі три елементи (профлист + утеплювач + ПВХ мембрана) жорстко з'єднані – це дає відразу дві переваги: велику несучу здатність, якщо порівнювати окремо профлист і окремо утеплювач, а ткже неможливість попадання вологи і, отже, неможливість розвитку цвілі і т.і. в пустотах, яких в Х-дек немає, на відміну від «набірної» покрівлі
- Довговічність конструкції. Термін експлуатації мінімум 60 років
- Гарантія виробника – 25 років для Х-дек з утеплювачем IPN. Гарантія виробника – 40 років для Х-дек з утеплювачем QuadCore
- Ціна порівнянна з ціною «набірної» покрівлі. І це з урахуванням перерахованих вище конкурентних переваг.



DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-10
УДК 65.8.5.011.56:65.01

Корнило І. М.

Гнип О. П.

Корнило І.М., к.е.н., доц.,
доцент кафедри організації будівництва та охорони праці,
✉ irina_kornylo@ukr.net ☎ +38 (048) 686 54 09;
Гнип О.П., к.т.н., доц.,
доцент кафедри процесів і апаратів
в технології будівельних матеріалів,
✉ gnypolgaop@gmail.com ☎ +38 (048) 723 60 50;
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
65029 м. Одеса, вул. Дидрихсона, 4.

I. Kornylo., PhD, Economics, Associate Professor
at the Department of organization of construction and safety,
✉ irina_kornylo@ukr.net ☎ +38 (048) 686 54 09;
O. Gnyp, Ph.D, Engineering Sciences,
Associate Professor at the Department of processes and apparatus
in the technology of building materials,
✉ gnypolgaop@gmail.com ☎ +38 (048) 723 60 50;
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
4, Didrihsona st., Odessa, 65029, Ukraine.

СИСТЕМНИЙ МЕТОД ВИКОРИСТАННЯ ВЕКТОРІВ І МАТРИЦЬ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ОБ'ЄКТІВ

SYSTEM METHOD FOR USING VECTORS AND MATRIXES IN CONSTRUCTION OF OBJECTS

СИСТЕМНЫЙ МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕКТОРОВ И МАТРИЦ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ

Анотація. У статті 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.
Annotation. 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.
Аннотация. В статье рассматривается метод использования векторов и матриц при строительстве объектов при выработке управленческих решений. Основным источником информации принята матрица ценностей.
Ключевые слова: системный подход; управленческие решения; системы с дискретными состояниями; производная вероятности состояния; дисперсный анализ.

Постановка проблеми

Для досягнення максимального ефекту в будівництві необхідно використовувати математичні методи при аналізі ситуацій, що виникають при управлінні об'єктом. У процесі прийняття рішень основні зусилля спрямовані на пошуки того рішення, наслідки від прийняття якого будуть найбільш сприятливими (оптимальними).

Аналіз досліджень і публікацій

Розглянемо стандартну ситуацію, в якій треба розподілити робіт між робочими. Введемо два індексу:

i – номер робочого,

j – номер роботи.

Якщо *i* – й робочий на *j* – й роботі створює продукт цінності a_{ij}, то варіанти розподілу робіт можна представити перестановкою

$$p = \begin{pmatrix} 1, & 2, & ..., & m \\ y_1, & y_2, & ..., & y_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

Тому максимальний ефект дорівнює сумі

$$S = max \sum_{i=1}^{n} a_i y_i \quad (1)$$

Навіть для 5 робочих на п'яти роботах число варіантів дорівнює 120. Очевидно, що із завданням вибору оптимального варіанту може впоратися тільки комп'ютер. Аналогічні завдання виникають на будівництвах в багатьох ситуаціях, де корисна інформація про об'єкт або явище, укладена в кожній окремій ознаці, недостатня для судження про оптимальний варіант. Висновки якщо і можливі, то лише за сукупністю кількох або багатьох характеристик об'єкта. Календарний план будівництва містить сотні найменувань робіт і графіки руху робітників, матеріалів і роботи основних машин і механізмів. Тому загальний стан будівельного об'єкта можна уявити чотирма видами векторів, у яких координати приймають значення 1 або 0.

$\overline{X}(t)$ – вектор робіт, у якого число координат дорівнює кількості найменувань робіт.

Координата $X_k(t)$ приймає значення 1, якщо в момент *t* виконується к-й вид робіт. В іншому випадку ця координата має значення 0.

$\overline{Y}(t)$ – вектор спеціальностей, у якого розмірність дорівнює кількості працівників.

Координата $Y_k(t)$ приймає значення 1 або 0 в залежності від того, працює або не працює к-й працівник в момент t.

$\overline{Z}(t)$ – вектор механізмів і машин, який будується аналогічно вектору $\overline{Y}(t)$.

$\overline{M}(t)$ – вектор матеріалів. Координата $M_k(t)$ дорівнює 1, якщо к-й матеріал застосовується на будівництві в даний момент.

Ці чотири вектори утворюють 6 матриць інціденцій:

A_{xy}, A_{xz}, A_{xm}, A_{yz}, A_{ym}, A_{zm}.

Всі матриці інціденцій зберігаються в банку даних. Кожному моменту t відповідають шість матриць інціденцій. З різ-

них причин ці матриці можуть змінюватися. Відсутність працівника або необхідного матеріалу, несправність механізму змінюють елементи матриць інцидентності так, що деякі одиниці замінюються нулями. Це призводить до автоматичної зміни вектору стану, у якого також деякі координати змінюють значення 1 на значення 0.

Розподіл одиниць і нулів між координатами вектору станів утворює безліч можливих станів деякої системи. У теорії випадкових процесів такі системи називаються системами з дискретними станами, в яких перехід з одного стану в інший здійснюється стрибком. Для опису випадкового процесу, що протікає в системі з дискретними станами, використовуємо поняття ймовірностей станів

$$P_1(t), P_2(t), \ldots, P_K(t),$$

де $P_K(t)$ – ймовірність того, що в момент t система знаходиться в стані H_k;

$K = 1, 2, \ldots, R$

R – кількість станів системи.

Обчислимо значення R, якщо розмірність вектору станів дорівнює n. Щоб обчислити R, треба знати, скільки способів є для заповнення рядка одиницями або, що рівносильно нулям. Таке завдання в поняттях комбінаторики зводиться до обчислення суми кількості поєднань з n елементів по K елементам, тобто

$$S = max \sum_{K=1}^{n} C_n^K = 2^n \qquad (1)$$

Прогноз майбутнього стану будь-якого будівельного об'єкта залежить тільки від його стану в момент прогнозування. Це означає, що в будівельних процесах має місце принцип, згідно з яким майбутнє залежить від минулого тільки через сьогодення. Звідси випливає можливість вважати процес, що протікає в системі з дискретними станами і безперервним часом, марковським. Відомо, що якщо процес марковський, то всі потоки подій, що переводять систему зі стану в стан є пуассоновськими.

Для будь-якої підсистеми будівельного об'єкта послідовність подій, що переводять її з одного стану в інший, відбувається у випадкові моменти часу. Для характеристики інтенсивності зміни станів зручно використовувати поняття щільності потоків подій, що переводять систему зі стану X_i в стан X_j. Позначимо: X_{ij} – щільність потоку, який переводить i - е стан в j - е стан. Параметр X_{ij} показує середнє число переходів і дозволяє скласти систему сінейних диференціальних рівнянь для ймовірностей станів $P_к(t)$.

Для складання цих диференціальних рівнянь треба знати матрицю інціденцій, яка дозволяє побудувати розмічений граф станів, на якому проти кожної стрілки, що веде зі стану в стан, показана щільність потоку подій, що переводить систему зі стану в стан за даною стрілкою.

Сформулюємо правила при складанні диференціальних рівнянь для ймовірностей станів будь-якої підсистеми будівельного об'єкта.

1. У лівій частині кожного рівняння стоїть похідна ймовірності стану.

2. У правій частині міститься стільки доданків, скільки стрілок орієнтованого графа пов'язано безпосередньо з даними станом.

3. Якщо стрілка веде в даний стан, доданок має знак плюс, а якщо з даного стану, доданок має знак мінус.

4. Кожен доданок дорівнює добутку щільності потоку подій, що переводить систему по ребру графа, на ймовірність того стану, з якого виходить стрілка.

Рішення таких систем рівнянь прогнозує ймовірність активної участі різних елементів в будівельному процесі. Результат рішення може відповідати випадку, коли який-небудь важливий елемент системи має низьку ймовірність активної участі на будівельному об'єкті.

В цьому випадку необхідне керуюче рішення про рух працівників, машин, механізмів і матеріалів, при якому максимізується сума (2), елементи якої визначаються методами шкалювання, які зводяться до проблеми власних значень.

Для цього розглядається номінальна ознака, яка може приймати k різних значень (категорії стану, рівні) і використовується для поділу на u груп. Якщо кожна група представлена випадковою вибіркою, то результати вимірювань цієї ознаки можна описати матрицею частот N. У цій матриці u рядки відповідають групам, а k стовпців – категоріям. Елемент n_{yk} матриці N показує, скільки разів серед спостережень групи u зустрілася категорія k $(1 \le u \le l; 1 \le k \le K)$.

Позначимо:

n_{yo} – сума по рядках матриці N,

n_{ok} – суми по стовпцях,

n – загальна сума всіх частот.

Ці суми дають вихідні дані для завдання дисперсійного аналізу.

Завдання полягає в тому, щоб розсіювання всередині груп було малим, а між групами різниця була великою. Вирішення цього завдання отримано в [1], де використаний багатовимірний аналіз. Спочатку вводиться багатовимірний нормальний розподіл, а потім замість – квадрат розподілу використовується розподіл Уішарта.

Слід зауважити, що в роботі [1] вимірювані змінні називаються ознаками, а якісні показники – факторами. У такій термінології вирішуються завдання багатовимірного дисперсійного аналізу. На відміну від одновимірної ситуації в багатовимірному аналізі розподілу критеріїв значущості недостатньо оснащені таблицями. Тому особливо важливу роль відіграють комп'ютерні апроксимації емпіричних розподілів випадкових відхилень координат вектору станів будівельного об'єкта.

Висновки

У практичній діяльності на будівництві частіше доводиться стикатися з положенням, коли число вибіркових одиниць можна порівняти з числом їх характеристик. Найбільш важливий практичний висновок з математичного вивчення цієї ситуації полягає в тому, що зменшення числа вимірюваних ознак покращує якість статистичних висновків. Звідси випливає доцільність зменшення розмірності вектору стану будівельного об'єкта, але це слід робити вже на стадії складання календарного плану будівництва об'єкта.

Дисперсійний аналіз можна виключити з математичного забезпечення автоматизованої системи управління, якщо відомі всі значення елементів матриці цінностей. У цьому випадку алгоритм управлінського рішення містить наступні дії:

- складання матриць інцидентності;
- складання вектору стану;
- набір варіантів за формулою (1);
- обчислення максимальної суми за формулою (2);
- ухвалення керуючого рішення за індексами максимальної суми (2).

Література:

1. Арепс Х. Многомерный дисперсионный анализ. / Х. Арепс, Ю. Лейтер – М.: Финансы и статистика, 1985. – 230 с.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-11
УДК 626.8: 692

Колохов В. В.

Мороз Л. В.

Гришко Г. М.

Колохов В. В., к. т. н., доцент,
кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій,
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
вул. Чернишевського 24-а, 49600, Дніпро, Україна,
✉ kolokhovdnepr@i.ua ☎ +38 (0562) 47 16 22.
Мороз Л. В., к. т. н., доцент,
кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту довкілля, Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна,
✉ Linysek-slv@i.ua ☎ +38 (0562) 713 51 37.
Гришко Г. М., к. т. н., доцент,
кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту довкілля,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна,
✉ gryshko.anna0101@gmail.com ☎ +38 (0562) 713 51 37.

V. Kolokhov, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor,
Department of Technology of Construction Materials,
Products and Designs, State Higher Educational Establishment
Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture",
24-a Chernyshevsky St., 49600, Dnipro, Ukraine,
✉ viktorderevianko2017@gmail.com ☎ +38 (0562) 47 16 22.
L. Moroz, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor,
Department of Civil Engineering, Construction Technologies and
Environmental Protection, Dnipro State Agrarian-Economic University,
25 Serhii Efremov St., 49600, Dnipro, Ukraine,
✉ Linysek-slv@i.ua ☎ +38 (0562) 713 51 37.
H. Hryshko, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor,
Department of Civil Engineering, Construction Technologies and
Environmental Protection, Dnipro State Agrarian-Economic University,
25 Serhii Efremov St., 49600, Dnipro, Ukraine,
✉ gryshko.anna0101@gmail.com ☎ +38 (0562) 713 51 37.

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ КАЙДАЦЬКОЇ НАСОСНО-ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ м. ДНІПРА

TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT OF STRUCTURES OF A PUMP HOUSE BUILDING OF KAIDATSKA PUMP AND FILTER STATION IN DNIPRO

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТКУКЦИЙ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ КАЙДАЦКОЙ НАСОСНО-ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СТАНЦИИ г. ДНЕПР

Анотація. В статті представлено матеріали, щодо обстеження стану конструкцій будівлі насосної Кайдацької насосно-фільтрувальної станції м. Дніпро. Метою роботи є діагностика технічного стану будівельних конструкцій насосної станції за рахунок проведення інженерно-технічного обстеження будівлі.
Ключові слова: обстеження, технічний стан, споруда, будівля, конструкція, діагностика.
Abstract. The paper presents materials on a condition survey of structures of the pump house building of Kaidatska Pump and Filter Station in Dnipro. The aim of the paper is to conduct technical condition diagnostics of the building structures of the pump station by conducting an engineering survey of the building.
Keywords: survey, technical condition, structure, building, construction, diagnostics.
Анотация. В статье представлены материалы, по обследованию состояния конструкций здания насосной Кайдацкой насосно-фильтровальной станции г.Днепр. Целью работы является диагностика технического состояния строительных конструкций насосной станции за счет проведения инженерно-технического обследования здания.
Ключевые слова: обследование, техническое состояние, сооружение, здание, конструкция, діагностика.

Вступ

Бережливе та економне використання природних ресурсів, включаючи водні та енергетичні є запорукою сталого розвитку країни.

Водні ресурси є джерелом промислового і сільськогосподарського виробництва, власне і самого життя людей. Використання води для господарських цілей – одна з ланок круговороту води в природі. Ресурси річкового стоку України становлять в середньому 87 млрд. м^3 на рік (в маловодний рік цей показник зменшується до 56 млрд. м^3). Річкову мережу України складають понад 71000 річок загальною довжиною більше 170 тис. км. Її середня густота – 0,25 км/км^2. Майже всі річки належать до басейнів Чорного та Азовського морів і тільки 4 % – до Балтійського моря. Водні ресурси України формуються, в основному, за рахунок стоку річок Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Південний Буг, Тиса, на яких побудовані водосховища. Україна належить до держав з недостатнім забезпеченням водними ресурсами. Вона – одна з найменш водозабезпечених країн Європи. Водні об'єкти України вкривають 24,2 тис. км^2, що становить лише 4,0% від її загальної території (603,7 тис. км^2). Питома забезпеченість річковим стоком в Україні – близько 1000 м^3 на особу в рік, що нижче в 2,5 рази ніж в Німеччині та Швеції, в 3,5 рази ніж у Франції та у 5 разів ніж в Англії [1].

Водопостачання в місті Дніпро відбувається за наступною схемою: сира вода з р. Дніпро станціями 1-го підйому подається у змішувачі, туди ж вводяться хлор та коагулянти. Після перемішування і пластівкоутворення вода відстоюється в горизонтальних відстійниках і направляється на двошарові швидкі фільтри. Пройшовши через шар активованого вугілля і піску, очищена вода збирається у резервуарах чистої води. Далі станціями 2-го підйому вода транспортується в місто. Через велику протяжність мереж і складний рельєф місцевості м. Дніпра необхідний тиск води у споживача забезпечується станціями 3-го підйому.

Підготовка питної води для потреб мешканців міста Дніпро відбувається на двох насосно-фільтрувальних станціях – Кайдацькій та Ломовській.

Історична довідка

Відповідно до даних [2] Кайдацька насосно-фільтрувальна станції розпочала роботу 1 жовтня 1908 року. До 1912 року продуктивність станції становила 5 000 кубометрів

за добу. Перше розширення водопроводу відбулося в 1912 році за рахунок спорудження англійських фільтрів і попередніх фільтрів з невеликими відстійниками. Продуктивність досягла 7 500 кубометрів за добу. З ростом чисельності населення і розвитком промисловості водоспоживання в місті збільшувалося, і в 1925 році почала відчуватися гостра нестача води. Тож виникла потреба в реконструкції міського водопостачання.

В 1926 році на станції були встановлені дві відцентровані помпи другого підйому з електромоторами. Побудовано чотири фільтри площею 128 м^2 з відстійниками і коагуляційні установки з хлораторною. Загальна подача води в 1930 році піднялася до 15 000 кубометрів за добу. Протягом п'ятирічки 1930 – 1935 років знову почалися перебої з водопостачанням.

У 1936 році побудували шість фільтрів з відстійниками, водоприймач, береговий колодязь, а також установили дві відцентровані помпи на першому підйомі і чотири – на другому. Розширили розвідну мережу і подовжили водовід до лівого берега. Продуктивність станції зросла до 50 тис. м^3 за добу, загальна довжина мережі становила 238,33 км.

У 1940 році за рахунок реконструкції фільтрів продуктивність досягла 66 тис. кубометрів за добу. У 1948 році були побудовані ще шість фільтрів з відстійниками, у результаті чого подача зросла до 72 тис. кубометрів за добу. У 1952 році фільтри знову реконструювали, і продуктивність піднялася до 100 тис. кубометрів за добу. У 1961 році нова група з восьми фільтрів загальною площею 348,6 м^2 збільшила продуктивність до 168,6 тис. м^3 за добу. Але для пуску нових фільтрів не вистачало води. Тому ще в 1956 році була побудована «нульова» станція на березі Дніпра з трьома вертикальними помпами. У 1968 році звели новий будинок фільтрів із шістьома комірками й площею фільтрації 219,36 м^2 У результаті продуктивність станції збільшилася до 280 тис. м^3 за добу. У тому ж році став до ладу новий машинний зал, де було встановлено три насосних агрегати продуктивністю 4 700 м^3/рік кожний. У 1982 році змонтовано обвідний водовід першого підйому, зовнішній діаметр якого 1 020 мм, і зведено будинок фтораторної, а також КНС – 1 і КНС – 2.

У 1984 році відсипано протишугову дамбу у водозабірному ковші і придбано водолазний бот. У 1988 році в старому машинному залі замість 5-тонного ручного змонтовано електрифікований козловий кран вантажопідйомністю 10 тон. У 1988 році на станції замінено залізничну гілку довжиною 200 погонних метрів. У 1989 році в новому машинному залі змонтовано четвертий насосний агрегат.

У 1991 році змонтовано рибзахист біля «нульової» станції і на оголовках. У 1992 році відремонтовано 110 банок акумуляторної батареї у старому машинній залі. У 1992 році встановлено козловий кран вантажопідйомністю 5 тонн біля фтораторної і побудовано причал біля водозабору. У 1993 році на березі облаштовано куточок відпочинку. У 1996 році в куточку відпочинку встановлено дебаркадер. У 2000 році реконструйовано насосний агрегат № 15 у старому машинній залі. У 2004 році у новому машинній залі змонтовано п'ятий насосний агрегат Д 3200х75 та виконані роботи з реконструкції насосного агрегату №2.

Актуальність питання

Проведення модернізації обладнання на насосно-фільтрувальних станціях міста Дніпро та підтримання їх в належному сучасному технічному стані є невід'ємною частиною сталого забезпечення якісною питною водою містян. Зважаючи на поважний вік споруд, в яких розташовано обладнання насосно-фільтрувальних станцій інженерно-технічне обстеження будівель є особливо актуальним.

Основний матеріал

Інженерно-технічне обстеження будівлі виконувалося в декілька етапів: натурні дослідження конструкцій будівлі; обробка результатів отриманих під час натурного дослідження. Природній рельєф місцевості – спокійний з нахилом – різниця висотних позначок в межах ділянки – декілька метрів. Територія навколо має частковий благоустрій. Будівля насосної станції має наземну та підземну частину, конструктивна схема будівлі – безкаркасна. Водовідвід відсутній. На момент проведення обстеження будівля знаходилась в експлуатації.

Рис. 1. Будівля насосної Кайдацької насосно-фільтрувальної станції м. Дніпро

Будівля насосної станції виконана з наступних будівельних матеріалів: фундаменти – залізобетон, стіни підземної частини – залізобетон (рис. 2а.), стіни наземної частини – цегла з оздобленням з зовнішньої сторони керамічною плиткою (рис. 2б), колони – залізобетон (рис. 3), перекриття – балочне монолітне залізобетонне, що спирається на стіни та колони (рис. 3), підлога – важкий бетон. В будівлі прокладені електричні мережі, мережі водопостачання та каналізації.

Рис. 2. Стіни підземної та наземної частини будівлі

Рис. 3. Колони та перекриття

Дослідження міцності матеріалів конструкцій було виконано шляхом неруйнівного контролю згідно ДСТУ Б В.2.7-220:2009 «Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю» за допомогою приладу Онікс – 2.5. Цей прилад дозволяє визначити міцність на стиск ударно-імпульсним методом в різних матеріалах (бетон, розчин, цегла). Інструментальне дослідження було виконано вище та нижче познаки «-5800». Результати представлено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати визначення міцності конструкцій

№ п/п	Несучі конструкції	Кількість точок вимірювань	Середнє значення міцності, МПа	Коефіцієнт варіації	Міцність з коефіцієнтом забезпечення 0,95, МПа
1	Цегляна стіна	10	11,62	11,8%	9,4
2	Залізобетон стін	10	24,72	13,5%	19,2

Рис. 4. Конструкція стіни

Рис. 5. Локальні тріщини конструкції стін наземної частини будівлі

Рис. 6. Оголення арматури та процеси корозії в конструкціях стін підземної частини будівлі

Рис. 7. Замаслювання поверхні та тіла конструкцій

Література:

1. http://odeku.edu.ua/vodni-resursi-ukrayini-yih-vikoristannya-ta-upravlinnya-v-suchasnih-umovah
2. https://vodokanal.dp.ua/vodopostachannya
3. «Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд». Держкомбуд України. Київ, 1997

Оцінка технічного стану будівлі виконувалась у відповідності до нормативної класифікації [3]. Технічний стан конструкцій визначався в залежності від дефектів, що були виявлені та умов роботи конструкцій, з урахування дійсної конструктивної схеми будівлі.

Серед дефектів, що викликають занепокоєння можна виділити: тривале замочення конструкцій стін у місці з'єднання зі стелею (рис. 4), локальні тріщини конструкції стін наземної частини будівлі (рис. 5), оголення арматури та процеси корозії в конструкціях стін підземної частини будівлі (рис. 6), замаслювання поверхні та тіла конструкцій (рис. 7).

Спираючись на результати інженерно-технічного дослідження несучих будівельних конструкцій будівлі насосної Кайдацької насосно-фільтрувальної станції м. Дніпро можна зробити наступні висновки, щодо технічного стану конструкцій будівлі насосної:

1. Стан конструкцій фундаментів можна визнати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій).

2. Стан елементів конструкцій стін з цегли можна класифікувати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій).

3. Стан елементів конструкцій, що виконані з бетону визнати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій) з можливим переходом в стан непридатний для нормальної експлуатації (III категорія технічного стану конструкцій).

4. Стан елементів конструкцій колон класифікувати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій) з можливим переходом в стан непридатний для нормальної експлуатації (III категорія технічного стану конструкцій).

5. Стан елементів конструкцій перекриття визнати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій) з можливим переходом в стан непридатний для нормальної експлуатації (III категорія технічного стану конструкцій).

6.Стан елементів конструкцій сходів класифікувати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій).

7. Стан елементів конструкцій покрівлі визнати як задовільний (II категорія технічного стану конструкцій), окрім вузлів примикання, стан яких класифікувати як непридатний для нормальної експлуатації (III категорія технічного стану конструкцій).

8. Стан елементів конструкцій вікон та дверей класифікувати як непридатний для нормальної експлуатації (III категорія технічного стану конструкцій).

Висновки

Будівля насосної Кайдацької насосно-фільтрувальної станції потребує реконструкції з розробкою відповідного проекту. Проект має передбачати ремонт залізобетонних конструкцій в місцях порушення захисного шару конструкцій та корозійного впливу з відновленням параметрів конструкцій, антикорозійну обробку металевих конструкцій, посилення конструкцій в місцях обпирання двигунів насосів, заміну конструкцій вікон та дверей, забезпечення жорсткості конструкцій стін при зміні отворів у них, ремонт ділянки покрівлі в місцях стикування зі стіновими конструкціями зі зміною умов відведення опадів.

ДБК
ЖИТЛОБУД
КОРПОРАЦІЯ
Відділ продаж:
(044) 338-31-00
http://dbkzhitlobud.com.ua

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-12
УДК 691.41

Красильнікова З.С.

Нечитайло О.М.

Красильнікова З. С., к. т. н.,
✉ Lena_nau@ukr.net ☎ +38 (095) 507 78 31.
Нечитайло О. М.,
Директор ПП «Сварцевицька цегла»,
вул. Цегельна, 1, Дубровица, Сварицевичі, Рівненська область, 34120, Україна,
✉ nechitaylo0963@ukr.net ☎ +38 (067) 364 21 17.

Zinaida Krasilnikova, Candidate of technical sciences,
✉ Lena_nau@ukr.net ☎ +38 (095) 507 78 31.
Oleg Nechytailo,
Director of Private Enterprise "Svarzvitskaya Brick"
Tsegelna str., 1, Dubrovytsia, Svarytsevychi, regione di Rivne, 34120, Ucraine,
✉ nechitaylo0963@ukr.net ☎ +38 (067) 364 21 17.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ГЛИН ДО СУШІННЯ

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR DETERMINING THE SENSITIVITY OF CLAY TO DRYING

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЛИН К СУШКЕ

Анотація. У статті наведено важливість оцінки методу чутливості глинистої сировини до сушіння кількома методами. Представлені порівняльні якісні показники для оцінки сировини до сушіння. Наведені доповнення і зміни в методику випробувань по визначенню чутливості сировини до сушіння. Ці доповнення допоможуть заводським лабораторіям більш точно оцінювати сировину і підбирати склади шихт, які нечутливі до сушіння, а отже – зменшити втрати виробництва.
Ключові слова: глиниста сировина, чутливість до сушіння, порівняльні покавзники, методи випробування, визначення чутливості глин до сушіння, доповнення і зміни, оцінка сировини, склади шихт, зменшення втрат виробництва.
Abstract. The article presents the importance of assessing the method of sensitivity of clay raw materials to drying several methods. Comparative qualitative indicators are presented to assess raw materials to drying. The additions and changes in the test method are given to determining the sensitivity of raw materials to drying. These additions will help factory laboratories more accurately evaluate the raw materials and select the warehouses of the charge, which are insensitive to drying, and therefore – reduce production losses.
Key words: Clay raw material, sensitivity to drying, comparative shells, test methods, definition of clay sensitivity to drying, supplement and change, estimation of raw materialsl, warehouses of charge, reduction of production losses.
Аннотация. В статье приведены важность оценки метода чувствительности глинистого сырья к сушке несколькими методами. Представлены сравнительные качественные показатели для оценки сырья к сушке. Приведенны дополнения и изменения в методику испытаний по определению чувствительности сырья к сушке. Эти дополнения помогут заводским лабораториям более точно оценивать сырье и подбирать составы шихты, которые нечувствительны к сушке, а значит – уменьшить потери производства.
Ключевые слова: глинистое сырье, чувствительность к сушке, сравнительные показатели, методы испытания, определение чувствительности глин к сушке, дополнения и изменения, оценка сырья, составы шихты, уменьшение потерь производства.

Процес сушки цегли є одним з основних технологічних процесів, які зумовляють якість продукції. У зв'язку з цим вивчення сушильних властивостей глинистої сировини, підбір складу глини шихт, що нечутливі до сушіння, є актуальною проблемою.

Визначення чутливості глин до сушіння проводиться відповідно до ДСТУ Б В.2.7-26-95 «Сировина глиниста. Метод визначення чутливості глин до сушіння» /1/, розробленого Київським державним технічним університетом будівництва та архітектури («КНУБА»).

Метод визначення чутливості глинистої сировини до сушіння, що ввійшов в ДСТУ, був розроблений в ДП «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ» у результаті проведених досліджень сушильних властивостей глинистої сировини З. С. Красильниковою /2, 3/. При дослідженні були використані більш поширені різновиди глини різних минералогічних властивостей: каолінітові, гідрослюдисті, монтморилонітові та карбонатвмісними, які мають різні технологічні властивості.

Дослідження проводилися в порівнянні з існуючими методами визначення глинистої сировини до сушіння.

Відомчі лабораторії користувалися нормативним методом З.А. Носової.

Коефіцієнт чутливості (Кч) визначався по відношенню усадки зразка до обсягу пір. Значення наступні:

Кч до 1 – малочутлива сировина до сушіння;

Кч від 1 до 2- середньо – чутлива сировина до сушіння;

Кч більше 2 – високочутлива сировина до сушіння.

За нашими дослідженнями за цим методом Кч до 1 – сировина є чутливою до сушіння, особливо Кч = 0,5, із-за малої глинистої складової.

За методом З. А. Носової визначення чутливості сировини до сушіння досить трудомісткий, для виконання потрібно три доби.

А. Ф. Чижским /4/ при визначенні розрахункової величини допустимої швидкості сушіння цегли був запропонований метод визначення чутливості глин до сушіння шляхом опромінення зразка тепловим потоком до появи на ньому посічки – тріщини.

Критерієм оцінки були значення:

- *появи посічки на зразку до 50с- сировина чутлива до сушіння;*
- *появи посічки на зразку від 50 с до 100с – середньочутлива сировина до сушіння*
- *появи посічки на зразку більш 100с – сировина малочутлива до сушіння.*

Метод не знайшов поширення через відсутність збіжностей результатів при випробуванні однотипної сировини.

Нами при дослідженні сировинних глинистих матеріалів до сушіння /2, 3/ був прийнятий в основу принцип опромінення зразка потужним тепловим потоком з методу А.Ф. Чижского, тому, що він дійсно створює напружений стан у зразку.

Всі інші основні умови були видозмінені, розроблена методика випробувань, підготовка сировини, в приладі для визначення чутливості сировини до сушіння тепломір був замінений термометром, екран був виключений, металевий столик був закритий азбестом.

Змінені умови випробувань дозволили отримати стабільні результат при оцінці сировини до сушіння. Отримані наступні значення:

- поява посічки на зразку до 100с – сировина чутлива до сушіння;
- поява посічки на зразку від 100- 180с – сировина середньої чутливості до сушіння;
- поява посічки на зразку більш 180 с- сировина малочутлива до сушіння.

Метод і градація по оцінці сировини до сушіння були перевірені в інституті будматеріалів НДІБМВ і прийняті до реалізації. Виготовлений удосконалений прилад для визначення чутливості сировини до сушіння (ДСТУ Б.В.2.7- 26-95) з успіхом використовується не тільки для оцінки сировини, а й, головним чином, для підбору шихти, не чутливої до сушіння.

Тривале використання цього методу обумовило необхідність його удосконалення шляхом внесення наступних доповнень і змін:

1. формовку зразків слід здійснювати тільки в циліндричним формах, d = 55 мм, h = 15 мм, тому, що посічка при опроміненні зразка з'являється тільки в одному місці. При цьому легше здійснювати контроль появи посічок. Тоді як на квадратних зразках посічки можуть бути на всіх чотирьох сторонах і, крім того, на квадратних зразках можуть бути механічні пошкодження, які спотворюють результати.

2. В ДСТУ Б.В.2.7- 26-95 (розділ 4, стор.5) вказується, що для розсівання сировини використовується сито з осередком 3 мм. Зерна, що пройшли через таке сито, будуть давати променеві посічки, спотворюючи результати,. Тому,слід використовувати сито з осередком 1-1,25 мм.

3. Для змащення пресформ доцільно використовувати керосин.

4. Відформовані зразки укладають не тільки на рівну поверхню але і на волого-ізольовану.

5. При випробуванні слід використовувати тільки ртутний термометр з градуюванням не менше 230 °С і встановлювати його слід не біля платформи, а по центру платформи в фіксованому місці для зразка, тому що тепловий потік в іншому місці буде змінний по потужності. Металеві платформи повинні бути укриті азбестом.

6. У додатку «В» ДСТУ Б.В.2.7- 26-95 наведені терміни сушки сирцю в залежності від оцінки сировини по чутливості до сушіння. На ці показники не слід звертати уваги, тому що терміни сушки сировини залежать від якості і кількості корегуючої добавки та параметрів процесу сушіння.

Наведені доповнення допоможуть заводським лабораторіям оцінювати сировину і підібрати склади шихт, що нечутливі до сушіння, а також більш ефективно впливати на якість готової продукції.

Література:

1. ДСТУ Б.В.2.7- 26-95 «Сировина глиниста. Метод визначення чутливості глин до сушіння»
2. Красильникова З.С. Вказівки по визначених глин и шихт до сушіння. Видавництво «Будівельник», Київ, 1974 г.
3. Красильникова З.С. Дисертація «Дослідження сушильних властівостей глиномас при розробці швидкісних параметрів сушіння виробів будівельної кераміки. Київ, 1975р.
4. А.Ф. Чижский. Сушка керамических материалов и изделий. Москва, Стройиздат, 1971 г.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-13
УДК 662.99:66.047.57

Торчинский А. И. Марченко Г. С. Андреев С. К. Макаренко В. А. Волобуев С. В Химович С. В

Торчинский А. И., канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник;
Марченко Г. С., старший научный сотрудник;
Андреев С. К., младший научный сотрудник;
Макаренко В. А., старший научный сотрудник, канд. техн. наук,
Институт газа НАН Украины,
г. Киев, ул. Дегтяревская, 39,
✉ tor_ingaz@ukr.net ☎ +38 (050) 30 44 999.
Волобуев С. В., технический директор,
ООО «НПП ПРОМГАЗТЕХНО»,
г. Киев, ул. Парково-Сырецкая, 3а,
✉ s.volobuiev@gmail.com ☎ +38 (050) 334 99 75.
Химович С. В., ведущий инженер,
ООО «Львовская изоляторная компания»,
г. Львов, ул.Зеленая,103,
✉ skhymovych@gmail.com ☎ +38 (0322) 43 00 26.

A. Torchinskyi, Cand. tech. Sci., Leading Researcher;
G. Marchenko, Senior Researcher;
S. Andreev, junior researcher;
V. Makarenko, Senior Researcher, Cand. tech. Sciences,
Institute of Gas of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kiev, st. Degtyarevskaya, 39,
✉ tor_ingaz@ukr.net ☎ +38 (050) 30 44 999.
S. Volobuev, technical director,
"PROMGAZTEHNO LLC",
Kiev, st. Parkovo-Syretskaya, 3a,
✉ s.volobuiev@gmail.com ☎ +38 (050) 334 99 75.
S. Khimovich, Leading Engineer,
«Lviv Insulator Company LLC»,
Lviv, st. Zelenaya, 103 ,
✉ skhymovych@gmail.com ☎ +38 (0322) 43 00 26.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУШКИ ПЕСКА И ДОЛОМИТА В СУШИЛЬНЫХ БАРАБАНАХ

ЕНЕРГЕТИЧНА І ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СУШІННЯ ПІСКУ І ДОЛОМІТУ В СУШИЛЬНИХ БАРАБАНАХ

ENERGY AND HEAT TECHNOLOGICAL EFFICIENCY OF DRYING SAND AND DOLOMITE IN DRYING DRUMS

Аннотация. В Институте газа НАН Украины разработаны высокоэффективные теплогенераторы различной тепловой мощности, которые производят газовоздушный теплоноситель в широком диапазоне температур. Оснащение сушильных барабанов такими теплогенераторами обеспечивает более высокий технический и качественный уровень проведение сушильного процесса, что гарантирует получение конечной продукции высокого качества с одновременным значительным энергетическим эффектом.
Ключевые слова: газогорелочное устройство, горелочный модуль, теплогенератор, вращающийся барабан, процесс сушки, сжигание газа, энергетическая, технологическая, экологическая эффективность.
Анотація. В Інституті газу НАН України розроблено високоефективні теплогенератори різної теплової потужності, які виробляють газоповітряні теплоносії в широкому діапазоні температур. Оснащення сушильних барабанів такими теплогенераторами забезпечує більш високий технічний і якісний рівень проведення сушильного процесу, що гарантує отримання кінцевої продукції високої якості з одночасним значним енергетичним ефектом.
Ключові слова: газопальникові пристрої, теплогенератор, обертовий барабан, процесс сушки, спалювання газа, енергетична, технологічна, екологічна ефективність.
Abstract. Highly efficient heat generators of different heat capacity has developed at the Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, which produce gas-air heat carriers in a wide range temperatures. Equipping drying drums with such heat generators provides a higher technical and high-quality level of the drying process, which guarantees the receipt of high quality final products with a significant energy effect.
Keywords: gas burner device, burner module, heat generator, rotating drum, drying process, gas burning, energy, technological, environmental efficiency.

Для многочисленного предприятий, которые используют сыпучие материалы в технологическом процессе производства различных материалов, качество сушки приобретает крайне важное значение, так как от конечных характеристик сыпучего материала зависит качество выпускаемого продукта.

Для сушки различных материалов используют сушильные барабаны в силу их конструктивной простоты, значительной производительности и энергетической эффективности – коэффициент полезного действия сушильных барабанов колеблется в интервале 80–82 %.

В традиционном исполнении в комплект сушильной установки входит следующие узлы: непосредственно сушильный барабан, к которому примыкают с одной стороны загрузочная камера с течкой для подачи сырьевого материала, с другой стороны – разгрузочная камера для удаления высушенного материала. К загрузочной камере примыкает так называемый подтопок, представляющий собой камеру сжигания, в которой установлены газогорелочные устройства. В подтопке при высокой температуре, создаваемой газогорелочными устройствами, происходит полное сжигание

природного газа с воздухом. Таким образом, топка является стабилизатором горения: она гарантирует полное и безопасное сжигание газовоздушной смеси. Затем продукты полного сгорания из топки поступают в сушильный барабан, а необходимая температура для сушильного процесса обеспечивается подсосом холодного атмосферного воздуха за счет разрежения, создаваемого тягодутьевым устройством, установленном за разгрузочной камерой [1].

Исследование путей совершенствования технологических и энергетических параметров эксплуатации исходило из изучения и анализа статей теплового баланса указанного сушильного комплекса. Рассмотрим эти статьи. Самые большие теплопотери – это потери теплоты с продуктами, покидающими сушильный комплекс. Поэтому для снижения этих теплопотерь исследования были направлены прежде всего на интенсификацию теплоотдачи к сушильному материалу, что шло по пути увеличения внутренней теплообменной поверхности, что в свою очередь привело к тому, что температура уходящих газов снизилась до критической величины, за которой происходит конденсация водяных паров и они совместно с пылью, присутствующей в уходящих продуктах сгорания, в силу налипания на всех «хвостовых» поверхностях, не дают возможность дальнейшей нормальной эксплуатации узлов и оборудования, находящегося за сушильным барабаном. То есть, этот путь совершенствования был исчерпан.

Статья теплового баланса – потери теплоты в окружающую среду через металлические стенки сушильного барабана: – при появлении современных эффективных гибких теплоизоляционных материалов снижение этих потерь было достаточно легко решено теплоизоляцией наружной металлической поверхности этими материалами (войлоком из стекловолокна, базальтовым картоном, мулитокремнеземистым фетром и т. д.).

Следующая статья – потери теплоты через развитую поверхность подтопка: – они составляют значительную величину, достигающую 15 % [1, 2]. Здесь же надо еще учесть тот фактор, что эксплуатация сушильных барабанов не является беспрерывным процессом, они работают в периодическом режиме. Поэтому остановки сушильного барабана приводят к значительным затратам времени и тепловой энергии на повторный разогрев футеровки топки. Кроме того, из-за частых температурных перепадов огнеупорные материалы футеровки топки подвергаются разрушению, что приводит к дополнительным затратам средств на восстановление работоспособности оборудования [3].

При появлении газогорелочных устройств, гарантирующих устойчивость горения газовоздушной смеси при низких температурах эксплуатации естественным техническим решением было исключение подтопка из цепочки сушильного комплекса, что значительно повышало его энергетическую эффективность.

Так в [3] приводится пример, где, вместо подтопка, на входном торце сушильного барабана установлена неподвижная вертикальная стенка с герметизаций ее с подвижной частью самого барабана. В вертикальной стенке установлены газогорелочные устройства, течка, подвижные шибера для регулируемого подсоса атмосферного воздуха.

В Институте газа Национальной академии наук Украины постоянно ведутся работы по разработке и исследованию различных газогорелочных устройств для термических и нагревательных печей, а также сушильных установок различных областей – от металлургии до промышленности строительных материалов. Так, для эксплуатации в условиях низких температур без внешних источников зажигания, таких как огнеупорные поверхности топки, в Институте газа были созданы инжекционные горелки с кольцевым стабилизатором (ИГКС) для природного и доменного газа. Эти горелки позволили осуществить стабильное (без отрыва факела) горение газовоздушного топлива и, таким образом, гарантировать безопасность эксплуатации в условиях бестопочного сжигания. В период 1987–1991 г.г. этими горелками были оснащены сушильные барабаны диаметром 3,5 х 28 м – 1 шт., диаметром 2,8 х 20 м – 4 шт., диаметром 2 х 16 м – 4 шт. Криворожского цементного комбината [4, 5]. Эксплуатация инжекционных горелок с кольцевым стабилизатором показала, кроме гарантированной устойчивости горения, также полное сжигании природного газа, связанное, очевидно, с микросжиганием (или каталитическим сжиганием) за счет пересыпающихся частиц сыпучего материала: – в составе продуктов сгорания не было обнаружено компонентов недожога топлива.

Здесь следует отметить, что при установке в сушильных барабанах газогорелочных устройств по типу, как описано в [3, 4, 5], распределение температуры по поперечному сечению крайне неравномерно. Это влечет за собой снижение качества сушки, выражающегося в неравномерности влажности и даже химических свойств твердых частиц материала, выходящих из сушильного барабана. Последнее для многих технологий, например для производства стекла, имеет крайне негативные последствия на качество выпускаемой конечной продукции. Поэтому для таких производств технологический регламент сушки разрабатывается так, что качество получаемой продукции превалирует над желанием достичь энергетической выгоды.

Приведем пример – строительный песок: превышение влажности строительного песка приведет к нарушению конструктивных свойств объектов строительства и снизит их долговечность. Влажный песок теряет сыпучесть, становится рыхлым, а значит, непригодным для приготовления растворов. Также из него нельзя приготовить бетон высокого качества: всякий раз, когда влажность повышается на 1 %, готовая бетонная смесь будет терять в прочности.

Еще один пример – формовочный песок: количество влаги влияет на газопроницаемость формовочного материала, а нарушение этого параметра вызывает брак при отливке. Также повышенная влажность песка снижает прочность формовочной смеси.

Песок для стекольной промышленности: сушка песка производится для доведения его характеристик до необходимых величин. Влажный песок трудно поддается перемешиванию с другими компонентами шихты, он плохо пересыпается, комкуется и т.д. Пересушенный песок также отрицательно сказывается на качестве стекла, как правило, это видно по изменению цвета со светло-бежевого на серый или темно-серый.

Сушка доломита: доломит сушат при 400–450 °С, так как при более высокой температуре начинается химическое разложение материала и он становиться непригодным для производства стекла.

Сушка глины. Если глиняная гранула попадает в область высоких температур, то на ее поверхности образуется корочка, которая останавливает процесс передачи влаги из середины наружу гранулы и, в таком случае, гранула глины выходить из сушильного агрегата с повышенной влажностью внутри, и пересушенная снаружи. В керамическом производстве при пересушке глины она теряет свои ценные пластические свойства.

Приведенные примеры показывают, что для получения конечного продукта высокого качества, в процессе сушки температура теплоносителя должна поддерживаться достаточно точно – должна быть равномерно распределена – по всему поперечному сечению сушильного агрегата.

ООО «Львовская изоляторная компания» для производства стеклянных электрических изоляторов использует кварцевый песок и доломит. Для сушки кварцевого песка и доломита основным критерием качества сушильного процесса является равномерность и постоянство поля температур сушильного теплоносителя, поступающего в сушильный барабан. В связи с этим было принято решение использовать для отопления сушильных барабанов ООО «Львовская изоляторная компания» высокоэффективные смесительные газовоздушные теплогенераторы. Эти теплогененраторы оснащены струйными линейными горелочными модулями СГЛ-50 и СГЛ-15, которые разработаны Институтом газа НАН Украины совместно с НТУУ «Киевский политехнический институт» [7].

Струйные горелки типа СГЛ обладают уникальными энергоэкологическими характеристиками и эксплуатационными свойствами, так как они работают с постоянной высокой эффективностью в очень широком диапазоне тепловых мощностей и коэффициентов избытков воздуха.

Особенностью конструкции горелок является модульный принцип, что позволяет осуществлять их монтаж в установках по различным компоновочным схемам. Горелочный модуль содержит прямолинейный топливный коллектор со стабилизаторами в виде продольных, наклонных относительно одна другой пластин и сопловыми отверстиями, через которые осуществляется раздельный ввод в зону смешения, стабилизации и горения соответственно топливного газа и окислителя.

Реализуемая аэродинамическая схема подвода газа и окислителя обеспечивает наложение на диффузионный факел поля высокой турбулентности, генерируемого системой струй воздуха, что одновременно с дроблением зоны горения, состоящей из большого количества факелов, создает условия для интенсификации смесеобразования, стабилизации и сгорания топлива. Таким образом, эти теплогенераторы обеспечивают подачу потока теплоносителя с заданными равномерными полями скоростей и температур по всему сечению потока.

Теплогенераторы могут быть рассчитаны практически на любую мощность и на получение теплоносителя с любой температурой. Максимальная мощность разработанных образцов достигает 20 МВт. Температура газовоздушного теплоносителя определяется конструктивными особенностями теплогенератора и рассчитывается в пределах 40... 800 °С. В обозначении типоразмера теплогенератора цифры показывают расход природного газа ($м^3$/ч): например, ТГ-200 или ТГ-800 имеют расход 200 и 800 $м^3$/ч соответственно [8, 9].

Горелочные модули установлены с зазором по отношению к стенкам воздушного канала теплогенератора таким образом, что внутри самого модуля сжигается газовоздушная смесь с коэффициентом избытка воздуха α = 1,5...2,0. Остальной воздух проходит в зазоре между пластинами-стабилизаторами горелочных модулей и стенками воздушного канала теплогенератора, а в смесительном камере теплогенератора происходит смешение горячих продуктов сгорания и холодного воздуха.

Основными агрегатами в системе сушки песка и доломита на сушильных барабанах ООО «Львовская изоляторная компания» использованы теплогенераторы ТГ-100 и ТГ-50, оснащенные горелочными модулями СГЛ-50. В сушильном барабане Д = 1,6 х 8 м – для сушки песка – установлен теплогенератор ТГ-100, а в сушильном барабане Д = 1 х 3,3 м – для сушки доломита – установлен теплогенератор ТГ-50.

Принципиальная схема теплогенератора как для сушильного барабана песка, так и для сушильного барабана доломита представлена на рис.1.

Теплогенератор состоит из следующих основных узлов: горелка СГЛ-50 – 1шт. и 2 шт. соответственно, для теплогенератора ТГ – 50 и ТГ – 100 (1), распределительный воздушный конус – воздушный канал (2), камера смешивания (3), вентилятор подачи воздуха (4), в комплекте с воздушным шибером (4.1), запальная горелка (5) в комплекте с воздушным шаровым краном (5.1), с газовый краном (5.2), с автомобильной свечой зажигания (5.3), оптическое устройство контроля пламени (6), тубус (7) для визуального осмотра пламени внутри камеры сгорания, блок клапанов и регулирования расхода газа (8). Теплогенератор комплектуется блоком автоматического управления «КОТБУС» (9), который обеспечивает полный объем системы автоматики безопасности и регулирования температуры теплоносителя с возможностью работы без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Таблиця 4.

Техническая характеристика теплогенераторов

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ	ТГ-50	ТГ-100
1.	Тепловая мощность, МВт (Гкал/ч)	0,47 (0,4)	0,94 (0,8)
2.	Расход природного газа (мах) при Qнр=33,5 МДж/$м^3$, $м^3$/ч	50	100
3*.	Давление природного газа, кПа (мм в.ст.)	3-10 (300–1000)	3-10 (300–1000)
4*.	Давление природного газа присоединительное, кПа (мм в.ст.)	80 (8000)	80 (8000)
5.	Температура теплоносителя за теплогенератором, °С	300–400	500–800
5.	Расход воздуха, нм3/ч	2600	3000
6.	Масса, кг	120	200
7.	Габаритные размеры, мм	1375х570х775	2195х930х775
8.	Аэродинамическое сопротивление мах, кПа (мм в. ст.)	1,0 (100)	1,0 (100)

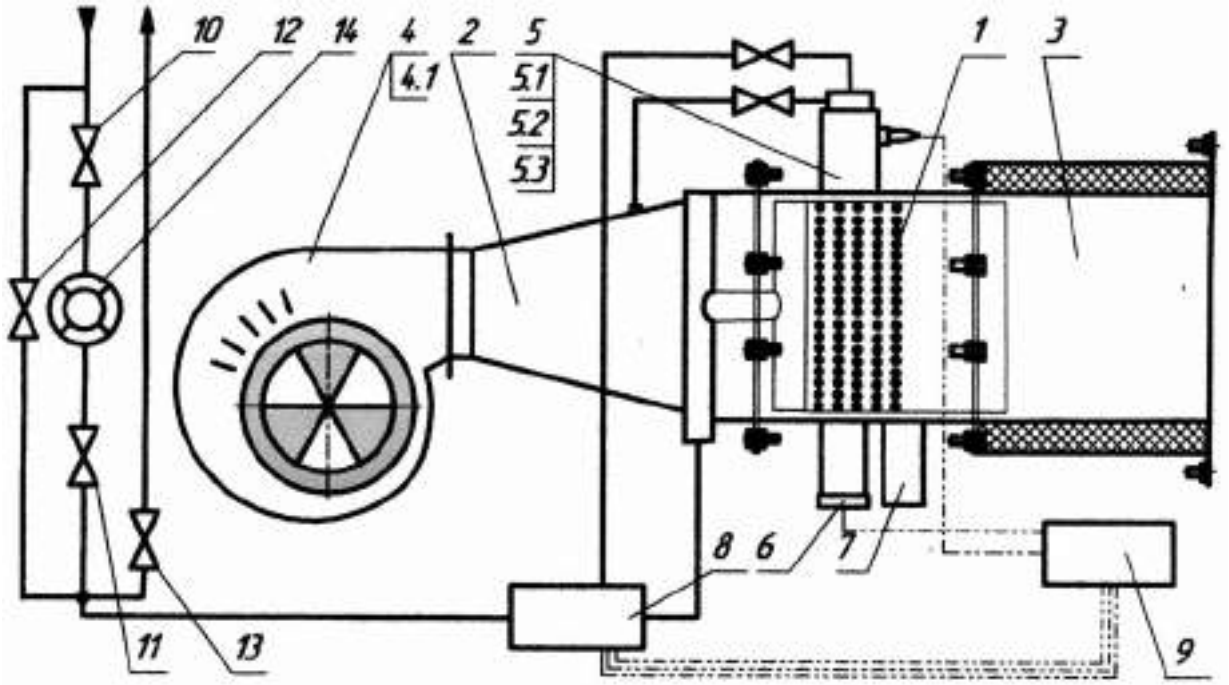


Рис.1. Принципиальная схема теплогенератора для сушильного барабана
1 – газовая горелка;
2 – конус – воздушный канал;
3 – камера смешивания;
4 – вентилятор подачи воздуха; 4.1 – воздушный шибер на вентиляторе;
5 – запальная горелка; 5.1 – воздушный кран; 5.2 – газовый кран; 5.3 – свеча розжига;
6 – оптическое устройство контроля пламени;
7 – тубус для визуального наблюдения;
8 – блок клапанов с регулятором расхода газа;
9 – блок автоматического управления «КОТБУС»;
10, 11, 12, 13, – шаровой кран;
14 – счетчик газа

Выводы

В Институте газа НАН Украины разработаны теплогенераторы типа ТГ на базе разработанных в Институте газогорелочных модулей СГЛ-50 со струйно-диффузионным принципом сжигания газа. Теплогенераторы предназначены для производства теплоносителя, используемого в сушильных процессах. Эти теплогенераторы успешно внедрены на ООО «Львовская изоляторная компания» в сушильных барабанах для выполнения процесса сушки песка и доломита. Эксплуатация показала, что указанный комплекс «теплогенератор – сушильный барабан» имеет значительную энергетическую, технологическую и экологическую эффективность, что обусловливает улучшение качества выпускаемой продукции и технико-экономических показателей производства.

Література:

1. Роговой М.И. Теплотехническое оборудование керамических заводов. – М.1983.- 367 с.
2. Нохратян К.А. Сушка и обжиг в промышленности строительной кераміки. М.-1962.- 603 с.
3. Шейнман Е.Ш. Методические указания по пуску, испытанию и наладке печей и сушилок кипичных заводов. – М. 1991 – 188 с.
4. Торчинский А.И., Павловский Г.Н., Тихонов А.П. и др. Энергосберегающий способ отопления сушильных барабанов.// Строительные материалы и конструкции. – 1993. – № 4. – С.40 – 42
5. Торчинский А.И. Павловский Г.Н., Величко Ю.М. Экономия природного газа при сушке сырья в сушильных барабанах.// Международная научно-техническая конференция: Ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов. – Макеевка: 1995. – С.132
6. ГОСТ 21204-97 – Межгосударственный стандарт. Горелки газовые промышленные. Технические требования. – Минск.
7. А. с. СССР №877233. Газовая горелка/ Любчик Г.Н., Христич В.А., Марченко Г.С., Марковский А.В. и др.; заявл. 20.02.1980, опубл. 30.10.1981, Бюл. №40
8. Марченко Г.С., Макаренко В.А., Кундос В.Е., Любчик Г.Н. Высокоэффективные смесительные теплогенераторы широкого энергетического применения на основе струйных горелок. НТУ КПИ. // Енергетика: економика, технологии, екология. – 2004. – №4. – С 51-54.
9. Марченко Г.С., Любчик Г.Н., Макаренко В.А. Газовые теплогенераторы. // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2009. – №4. – С 35-41.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-14
УДК 691.328.43

Нульман О. Н.

Нульман О. Н.,
инженер
☎ +49017620954793
✉ oskarbennusen@gmail.com

Oscar Nulman,
engineer
☎ +49017620954793
✉ oskarbennusen@gmail.com

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (В ПОРЯДКЕ ДИСКУССИИ)

СПОСІБ ПОЛІПШЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА (У ПОРЯДКУ ДИСКУСІЇ)

A WAY TO IMPROVE COMPETITIVENESS OF DRY BUILDING MIXTURES OF DOMESTIC PRODUCTION (BY WAY OF DISCUSSION)

Аннотация. Статья касается борьбы за украинский рынок производства и потребления сухих строительных смесей между отечественными производителями и известными иностранными импортерами. В публикации предлагается метод повышения конкурентоспособности отечественных производителей сухих строительных смесей за счет применения оборотных малых передвижных бункеров, загружаемых смесями на заводах – изготовителях и доставляемых на небольшие объекты (квартиры, коттеджи). В статье приводится предварительная оценка экономических и технических преимуществ организации поставок ССС по предлагаемому методу.
Ключевые слова: сухие строительные смеси, повышение конкурентоспособности отечественных производителей.
Анотація. Стаття стосується боротьби за український ринок виробництва і споживання сухих будівельних сумішей між вітчизняними виробниками та відомими іноземними імпортерами.
У публікації пропонується метод підвищення конкурентоспроможності вітчизняних виробників сухих будівельних сумішей за рахунок застосування оборотних малих пересувних бункерів, що завантажуються сумішами на заводах – виробниках та доставляються на невеликі об'єкти (квартири, котеджі). У статті наводиться попередня оцінка економічних і технічних переваг організації поставок ССС за пропонованим методом.
Ключові слова: сухі будівельні суміші, підвищення конкурентоздатності вітчизняних виробників.
Annotation. The article concerns the competition on the Ukrainian market for the production and consumption of dry building mixtures between domestic manufacturers and well-known foreign importers. The publication proposes a method for increasing the competitiveness of domestic manufacturers of dry building mixtures through the use of reversible small mobile bunkers loaded with mixtures at manufacturing plants and delivered to small objects (apartments, cottages).The article provides a preliminary assessment of the economic and technical advantages of organizing the delivery of dry mixes according to the proposed method.
Keywords: dry building mixtures, increasing the competitiveness of domestic manufacturers.

В европейской практике производства ССС используются преимущественно два способа упаковки, хранения и последующего транспортирования готовых продуктов:

– в крафтмешках емкостью 20–50 кг (преимущественно – 25 кг);

– в передвижных силосах емкостью 12–14 т, доставляемых на стройки специальными тягачами. Использование таких силосов предусматривает пневмотранспорт сухой смеси на этажи.

Применяются также биг бэги (специальные мягкие высокопрочные мешки различной емкости многоразового использования). Для этого способа необходимы специальные станции разгрузки, устанавливаемые непосредственно на стройке.

В Украине сухие смеси преимущественно упаковываются в крафтмешки. Передвижные многотоннажные силоса также применяются, но объем отпускаемых в них ССС незначителен : потребителями такой продукции могут быть только крупные стройки, да и парк таких силосов, оснащенных специальными разгрузочными устройствами, и транспортные средства для их доставки доступны лишь крупным производителям ССС.

В стране сухие смеси в основном используются на небольших объектах, при ремонте и отделке квартир.

Потребность в смесях определенного состава на такой объект составляет 1-2 тонны, или 40–80 мешков.

Предлагается поставлять такие объемы строительных смесей в небольших силосах (контейнерах) емкостью 400–500 кг прямо с завода – изготовителя.

Рисунок 1. Емкость конусная пластиковая

При этом продукция – по заказу – загружается непосредственно в передвижные силоса без какой – либо дозировки, контролируется лишь приблизительно степень заполнения силоса. Опломбированный силос взвешивается, количество продукта фиксируется в соответствующем документе.

Это позволяет потребителю при необходимости использовать не полностью смесь из силоса, оплачивая только разницу в весе.

Доставка на объект силосов осуществляется грузовиком с краном – манипулятором.

Благодаря небольшим габаритам и весу, силос может быть доставлен на этажи обычным пассажирским лифтом (400–600 кг грузоподъемности) или через окно при небольшой этажности дома. Кроме того, существуют устройства для подъема тяжелых предметов (например, сейфов) на этажи по лестницам.

Силос, установленный непосредственно на объекте, позволяет выгружать через простой питатель необходимое для замеса количество сухой смеси, а при наличии штукатурной станции – загружать ее бункер.

Преимущества предлагаемого способа хранения, поставок и использования строительных смесей:

– при производстве – исключение установки для загрузки и взвешивания мешков, ликвидация трудозатрат при этой операции, отсутствие расходов на мешки (в себестоимости конечного продукта порядка 20% для дешевых смесей и 10 -15 % – для более дорогих), дешевизна и многократная оборачиваемость передвижных силосов;

– при использовании – уменьшение отпускной цены за счет ликвидации торговых расходов (в 1,4–1,6 раз); значительно меньшие трудозатраты на доставку и подачу сухих смесей непосредственно на объект, отсутствие затрат на утилизацию мешков, сохранность смесей в закрытом силосе от атмосферных воздействий и кражи, возможность возврата неиспользованной части продукта.

В качестве передвижных силосов малой емкости предлагается использовать пластиковые емкости объемом 0, 25–0, 40 м^3, массой от 10 кг.

Пример такой емкости, изготавливаемой в Украине, показан на рис. 1.

Использование предложенного метода доставки позволит существенно увеличить конкурентоспособность отечественных смесей в сравнении с импортными, особенно для производителей малой и средней мощности, которых в Украине несколько сотен. Большинство из них выпускают качественную продукцию, но проигрывают в конкуренции с ведущими заграничными поставщиками с известными брендами.

Для реализации описанной системы необходимо создать специализированную логистическую фирму – посредник между малыми и средними производителями и потребителями ССС в Украине.

Работа такой фирмы позволит снизить стоимость сухих строительных смесей отечественного производителя, упростит производство и применение смесей в стране, что повысит конкурентоспособность этой отрасли украинской экономики.

Готов принять участие в дискуссии по данному вопросу.

DOI 10.48076/2413-9890.2021-102-15

ПРОБЛЕМНІ МЕТРИ:
ЧОМУ КИЇВСЬКІ НОВОБУДОВИ БУВАЮТЬ НЕПРИДАТНИМИ ДО ЖИТТЯ

Михайло Поживанов,
доктор технічних наук, професор,
Голова громадської організації «Фонд муніципальних реформ "Магдебурзьке право"»,
народний депутат України 4-х скликань

З чим стикаються столичні інвестори та як цьому запобігти

За ідеєю, Київ як столиця країни має бути зразком комфорту та інвестиційною Меккою. З усіх усюд, міст великих та малих, з містечок та сіл їдуть до центру держави молоді й середнього віку люди, аби знайти роботу, побудувати кар'єру. Аби осісти у цьому великому місті і звивати в ньому своє родинне гніздо. Все це так і є, але цим панегірик Києву і вичерпується. Бо дехто їде із розрахунком винайняти там тимчасове помешкання, а дехто – з надією придбати власне житло. Із цим, в принципі, великих проблем нема – було б гроші. Але гроші на вторинний ринок є не завжди і не у всіх. Первинний сегмент дешевше – купити квартиру на «стадії котловану» вигідніше, але водночас є ризик у котловані й осісти. Причому назавжди.

Те, що щойно зданий будинок може виявитися без заанонсованого паркінгу, дитячого майданчику, скверу чи школи – ще пів-біди. Звісно, некомфортно, і радість від покупки зменшується, але це ще не смертельно. В сенсі – це не заважає життю у новопридбаній квартирі. Хоча такий стан речей і зустрічається найчастіше: жодної обіцяної інфраструктури при новобудовах не виявляється.

Значно гіршою є ситуація, коли ви в'їжджаєте у новий дім, а там бракує елементарного – води, електрики чи навіть каналізації. Нонсенс? Ні, розповсюджена практика. Згідно із законом, підключити воду, світло та інші комунікації забудовник зобов'язаний максимум через 120 днів з дня прийняття будинку в експлуатацію. Після цього власники квартир підписують договори з постачальниками електроенергії, холодної і гарячої води, опалення, водовідведення. Потім житлово-будівельний кооператив (ЖБК) або об'єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) бере будинок на баланс.

Але в Києві є маса прикладів, коли мешканцям здавали дома з непрацюючими комунікаціями. Наприклад, був один ЖК, інвестори якого отримали будинок без світла. Тоді забудовник і «Київенерго» ніяк не могли узгодити договір про передачу трансформаторних підстанцій. Жителі боролися з ситуацією 8 місяців. Вони писали колективні листи до Київміськадміністрації, зустрічалися з представниками забудовника. Ця історія мала хепі-енд, але так буває далеко не завжди.

Ще один типовий казус – забудовнику, який зводить дім… не належить земельна ділянка під цим самим домом. Скажете, що це теж не вкладається у рамки здорового глузду? Так, але ж ми говоримо про Україну, а це певною мірою – країна необмежених можливостей. Недарма зараз у місті нараховується понад 70 незаконних забудов, де будівельна документація не відповідає вимогам законодавства.

Але яка з цього печаль громадянам-інвесторам, запитаєте ви? Велика. У ділянки, на якій планують звести житловий багатоповерховий будинок, має бути правильне цільове призначення і звучати воно повинно так: «для будівництва та обслуговування багатоквартирного житлового будинку». Якщо цільове призначення інше, є ризик, що будинок просто не побудують. Тобто котлован так і залишиться котлованом.

Наступна драма може бути пов'язана із тим, що ваш забудовник раптом опинився банкротом: таких прикладів ще з часів «Еліта-Центру» накопичилося чимало. У випадках банкрутства вкладникам важливо пам'ятати, що у них є 30-денний строк з дня розгляду судом справи про визнання компанії банкрутом. За цей час інвестор повинен подати позов до суду, вирішивши заздалегідь, чи хоче він матеріальну компенсацію або все ж таки віддає перевагу тому, аби дочекатися фантомної квартири.

Якщо ж будинок тільки починають будувати, шансів отримати готову квартиру менше, адже для завершення будівництва потрібні значні інвестиції. В цьому випадку краще розірвати договір і розраховувати на компенсацію збитку або моральної шкоди. От тільки річ у тому, що суд може стати на бік забудовника (чому так – про це розповім трохи згодом) або як мінімум затягувати процес і ухвалення рішення по ньому.

Різновидом даної ситуації може бути і такий варіант: будинок успішно зданий, забудовник не збанкрутував, але – сюрприз! – виявляється, що його нерухомість перебуває під арештом. Звісно, тут важливо з'ясувати заздалегідь, чи немає у забудовника заборон, арештів, обтяжень, судових справ. Бо такі суперечки тривають роками.

На девелопера в таких випадках часто накладають обмеження у вигляді заборони на будівництво. Одне з таких будівництв у Києві нині заморожене через низку заборонних приписів відповідальних державних органів та відкритого кримінального провадження. Але квартири в комплексі, як і раніше, продаються.

Чому усі вище зазначені проблеми мають місце? Як правило, скандали на будівельному майданчику є пов'язаними з однією з декількох причин. Наприклад, будівельні компанії займаються фальсифікацією документів (скажімо, по документах заплановано будівництво ТЦ, а будується багатоквартирний житловий будинок). Або ж (і ця ситуація була розглянута вище) у забудовника відсутні права на ділянку землі під будівництво ЖК.

Також будівництво може тривати, так би мовити, на певному екологічно несприятливому тлі – коли під час підготовчих робіт знищуються парки, ліси, сквери або історично важливі місця, що викликає бурхливі протести громадськості. Крім цього, може мати місце порушення норм будівництва. Або, зрештою, знаходяться такі шахраї, які свідомо практикують схему по відмиванню грошей (зокрема, починають будівництво без дозвільної документації, продають одну і ту ж нерухомість кілька разів та інше).

В принципі, злочинних схем може бути багато. Як багато і негативних наслідків від їхнього застосування. Але чому подібне можливе в принципі? Тому ще всі забудовники поділяються на дві категорії – ті, що мають «дах» у вигляді контролюючих органів та / або міської адміністрації, і ті, котрі такого «даху» не мають. Оцим останнім буває зовсім несолодко. Вони мусять пройти сотні кіл пекла, щоб отримати той чи інший дозвіл, технічні умови на початок будівництва, на воду, електрику, газ, каналізацію.

Після отримання земельної ділянки ходіння по муках триває і в ДАБІ – Державній архітектурно-будівельній інспекції. Словом, для некорумпованого забудовника зведення об'єкту нерухомості перетворюється на той ще квест, причому на будь-якому етапі – від отримання ділянки до здачі готового об'єкту.

А от наближеним до керівництва міста, безперечно, значно простіше. Сесія міськради (і мова тут не тільки про Київ) вирішує всі проблеми, якщо грамотно пролобіювати свій інтерес серед місцевих депутатів. Іншими словами, якщо спритно дати хабар, не заморочуючись виконанням встановлених правил і норм.

Звісно, якщо політична кон'юнктура зміниться, то подібний хитрий забудовник може опинитися не при баришах, а на лаві підсудних, але до цього не доходить майже ніколи. Бо тут якраз і вступає в гру суд – той самий «найбільш гуманний у світі» суд, який ніколи не образить великий капітал.

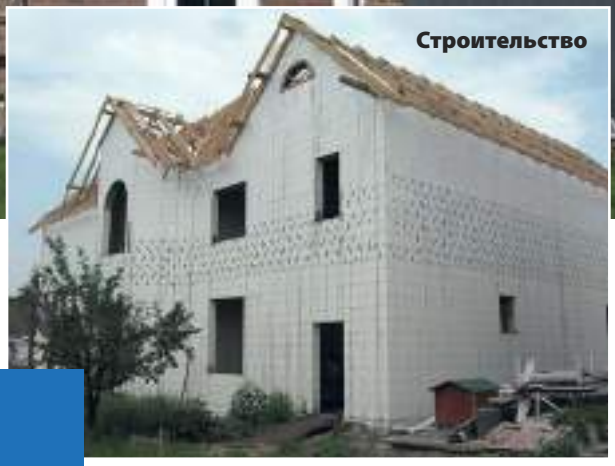
Платити ж за все, в решті-решт, буде мешканець, щасливий (або ні) власник вистражданої «однушки» чи «двушки» де-небудь на периферії міських широт. Звісно, в цивілізованій та правовій державі так бути не повинно, але Україну це не стосується. То що ж робити у подібній ситуації? Інвестору – навіть не сім разів (згідно із прислів'ям) перевіряти свою майбутню покупку, а сто сім, не жаліючи грошей на досвідчених юристів.

А державі (у особі центральної та місцевої влади) – дбати не тільки про олігархат, а й про людину, стати "людиноцентричною", а для урізноманітнення хоча б зрідка присікати корупцію.

Будівельна сфера для цього дуже добре надається. І з часом той її сегмент, який є законослухняним, віддячить державі вчасно сплаченими податками, новими квадратними метрами і загальним задоволенням від проживання в Києві та Україні.

А це, погодьмося, дуже й дуже важливо.

Производственно-строительная
компания "Валькирия"
ул. Ломоносова 8-б,
Киев, 03040, Украина,
☎ 044 501 66 55
✉ office@valkiria.ua



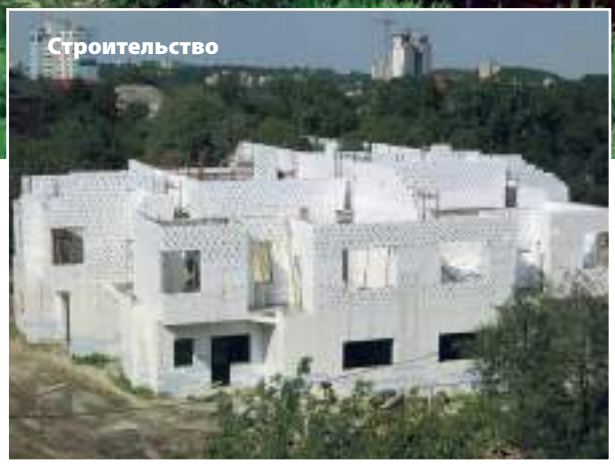
WWW.VALKIRIA.UA

Термодом – это утепленный монолитный железобетонный дом. **Бетон** – традиционный материал не вызывающей сомнения в своей прочности и надежности, а пенополистирол – идеальный утеплитель. **Соединение** этих характеристик позволило создать эффективную и выгодную технологию строительства – **Термодом**, имеющую ряд преимуществ как для строителей, так и для заказчиков. Она используется там, где дом должен быть прочным, надежным и основательным – одним словом **на века**.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ

ТЕРМОДОМ

Современная технология Термодом является новым витком в развитии монолитного домостроения.



https://valkiria.ua/gallery/klubnyy-dom-r-n-goloseevo-kiev.html

Детально о термоблоках

Самым распространенным типом несъемной опалубки для строительства энергоэффективного жилища в нашей стране являются блоки из вспененного пенополистирола.

Основа такой опалубки – легкие блоки из пенополистирола. Они бывают рядовыми, угловыми, разборными. Наиболее распространены блоки размером 1000 × 250 × 250 мм, но есть также и разборные блоки, где можно регулировать толщину наружного слоя утеплителя (50 или 100 мм), а так же регулировать толщину бетона. Данная технология дает возможность создавать стены и проемы любой конфигурации.

Точная геометрия блоков позволяет быстро возводить теплые, долговечные и недорогие дома. Они состоят из двух пенополистирольных плит, соединенных между собой перемычкой из перфорированного пластика или из такого же пенополистирола. Для производства изделий используют пенополистирол ПСВ-С (самозатухающий) плотностью 35 кг/м^3 с антипиреновыми добавками. Этот материал не поддерживает горения, его самозатухание происходит через несколько секунд. Предел огнестойкости стены термодома – 2,5 часа.

Блоки имеют систему замков «шип-паз», позволяющую плотно стыковать элементы по всем направлениям, и полости, которые перед заливкой бетона дают возможность проложить в них нужные коммуникации и установить каркас из арматуры. Бетон после затвердения образует монолитную стену, а несъемная опалубка становится ее утеплителем.

Толщина готовой стены составляет в среднем 250 мм, из которых 150 мм – это бетон, заключенный с обеих сторон в оболочку из пенопостирола толщиной 50 мм. Впрочем, есть и комбинированные модели блоков, в которых толщина внутренней стенки из пенопласта составляет 50 мм, а наружной (фасадной) – 100 мм.

Надежный дом

Технология строительства Термодом относиться к монолитному железобетонному домостроению. При монтаже стен из термоблоков, перед заливкой бетона, в блоки укладывается арматура. Шаг армирования и диаметр арматуры рассчитывается при проектировании здания, в зависимости от этажности и нагрузок на стены. Заливка бетона внутрь, благодаря конструкции блоков, происходит как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, образуя своего рода монолитную бетонную решетку. Железобетонные стены, которые мы получаем, спокойно выдерживают бетонные перекрытия больших размеров и соответственно веса, применяемые для строительства промышленных зданий. Надежность стен сомнений не вызывает – забитый в стену дюбель выдерживает нагрузку 70-80 кг, что позволяет без каких-либо проблем решать вопросы подвески шкафов, ковров и т. п.

В производстве термоблоков применяется полистирол марки ПСВ-С, который не горит и не поддерживает горение. Пенополистирол обладает высокой стойкостью к различным веществам, включая морскую воду, солевые растворы, ангидрид, щелочи, разведенные и слабые кислоты, мыла, соли, удобрения, битум, силиконовые масла, спирты, клеящие, водорастворимые краски. Инертен по отношению к неорганическим строительным материалам – бетону, извести, цементу, гипсу, песку и др. ПСВ-С не растворяется и не набухает в воде, практически не впитывает влагу, долговечен и стоек к гниению. Изделия из пенополистирола устойчивы к старению и при правильном использовании сохраняют стабильные свойства, форму и размеры длительное время, – т.е. являются долговечным материалом.

Сегодня, существуют данные натурных наблюдений и экспертное заключение фирмы «Штотмайстер Лтд», исследовавшей образцы пенополистирола фирмы "BASF", помещенного на фасад высотного здания в местечке Фельдкирх (Германия) в 1969 году. Эти исследования доказывают, что в материал, заложенный в конструкцию более 30 лет назад, не подвергся необратимым изменениям (размер плит, например, вследствие усадки или сжатия и т. д.). Кроме того, были проведены исследования на долговечность и необходимые испытания пенополистирола на анализ характерных циклических изменений температуры наружного воздуха в годовом цикле. В климатической камере было смоделированы температурно-влажностные воздействия на фрагменты конструкций, в которых есть пенополистирол. Всего было проведено 80 циклов испытаний образцов пенополистирольных плит. Сотрудниками лаборатории были получены следующие выводы, что пенополистирольные плиты успешно выдержали циклические испытания на температурно-влажностные воздействия в количестве 80 циклов. Это можно интерпретировать, как соответствующее количество условных лет эксплуатации в многослойных ограждающих конструкций с амплитудой температурных воздействий ± 40°С.

Просторный дом

Стены из термоблоков почти в два раза тоньше, чем стандартные кирпичные. За счет этого, внутреннее пространство дома становится больше. Например, при возведении дома 10×10 м, при неизменных внешних размерах здания, можно получить до 15 м^2 дополнительной площади.

https://valkiria.ua/gallery/kotte-1-nyy-gorodok-s-tarasovka.html

Комфортный дом

В каких бы климатических условиях вы не жили, в Термодоме Вам всегда будет комфортно — в жару в нем прохладно, в мороз — тепло. Кроме того, благодаря звукопоглощающим качествам полистирола, стены возведенные из термоблоков, позволяют максимально исключить воздействие городского шума на жильцов и снизить громкость звука на 53dB. (Для справки: шепот имеет громкость 10 дБ, разговор на повышенных тонах – 40, звуки оживленного перекрестка 60-70, летящий низко реактивный самолет – 110 дБ). Если ранее для этого требовалось трудоемкая операция по наклейке материала на бетонную или кирпичную стену, то теперь изоляция является составляющей самой стены. А последние исследования, проведенные за рубежом, доказали: материал не пропускает радиоактивного излучения и значительно ослабляет влияние электромагнитного поля – так называемых магнитных бурь вы просто не почувствуете!

https://valkiria.ua/gallery/chastnyy-dom-v-s-rojny.html

Экономичный дом

Технология строительства Термодом имеет ряд экономических выгод в сравнении с традиционными методами сооружения зданий.

Это основывается на следующих характеристиках:

- упрощение процесса и сокращение времени строительства;
- значительное сокращение перечня необходимых материалов и техники. Для строительства коттеджей не нужны краны и самосвалы. Бригада рабочих из 3-4 человек возводит стены одного этажа за 4-5 дней
- при всей своей прочности, стены в Термодоме значительно легче, чем стены выполненные в традиционных технологиях. Для сравнения, квадратный метр стандартной кирпичной стены весит 960 кг., квадратный метр залитых блоков – 360 кг. Это позволяет использовать облегченные фундаменты. Расход цемента, также меньше по сравнению с привычной кирпичной кладкой
- можно строить и зимой – на свойства пенополистирола погода практически не влияет. Термоблок служит своего рода термосом для бетона и надежно защищает его от мороза, а использование добавок в бетон избавляет от необходимости увязывать планы со строительными сезонами и позволяет строить в холодные времена года, за исключением зимнего периода с температурой окружающей среды ниже -25С°
- низкие первоначальные затраты на подготовку и обучение персонала

И это только на этапе строительства. В последующем же, исключительный теплоизоляционный эффект пенополистирола, позволяет значительно снизить затраты на обогрев и кондиционирование помещений. По своей теплопроводности стена из термоблоков равносильна кирпичной стене толщиной 1800 мм, или бетонной толщиной 2500 мм. Стоимость оборудования для обогрева такого дома значительно ниже, ведь нам не следует греть стены, а только воздух внутри дома. Такой дом согреет своего хозяина в зимнюю стужу, а летом обеспечит приятную прохладу.

Красивый дом

Пластичность полистирола позволяет реализовывать практически любую, самую невероятную фантазию. Уникальность его такова, что, используя стандартные блоки, можно эффективно создавать любые архитектурные формы. Термодом может иметь стены и проемы любой конфигурации. Если поворот стены нужно сделать не под углом 90 градусов, термоблок легко отрезать под нужным углом с помощью обычной ножовки прямо на стройплощадке. Самые смелые творческие замыслы могут стать реальностью. И вместо тяжеловесных громоздких конструкций появятся легкие изящные детали украшения зданий. Для возведения сооружений по системе Термодом не требуется мощной строительной площадки, поэтому, если есть необходимость, можно сохранить все ландшафтные особенности участка.

https://valkiria.ua/gallery/chastnyy-dom-v-kievskoy-oblasti.html

Безвредный дом

Пенополистирол широко и давно используется в строительстве. Он является абсолютно безвредным, экологически чистым, не выделяющим никаких вредных для человека и его окружения веществ. По санитарно-гигиеническим нормам пенополистирол может контактировать с продуктами, употребляющимися в пищу без предварительной обработки. Из него изготавливают одноразовую посуду, упаковку для овощей, фруктов. В нем перевозят и хранят мороженую рыбу и мясо. При этом он не создает питательной среды для грибков и бактерий, не подлежит разложению под воздействием микроорганизмов и не имеет ограниченного срока годности. Кроме того, пенополистирол также, как и дерево, обладает способностью «дышать», т.е. медленно пропускать через себя воздух.

https://valkiria.ua/gallery/kruglyy-dom-r-n-sovskie-prudy-kiev.html

УДК. 691.327.332

Рудченко Д. Г., Сердюк В. Р. / Шляхи енергозбереження при використанні та виробництві газобетону низької щільності // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 4-10. Рис.: 7. Табл.: 1. Бібліографія: 11 назв.

Анотація. У статті наведено аналіз нормативних вимог, що стосуються термічного опору стін сучасних будівель. Порівняння нормативних вимог близьких до України за кліматичними умовами країн Балтії та Фінляндії свідчить про значне відставання показників українських нормативів.

На основі аналізу структури стінових матеріалів, вироблених в Україні, показано зниження обсягів виробництва керамічної будівельної цегли, керамзиту, які втратили свої позиції на будівельному ринку через високу енергоємність виробництва і низьких теплофізичних властивостей на стадії експлуатації і були витіснені автоклавним газобетоном.

Показані тенденції виробництва автоклавного газобетону в Україні.

Високий рівень технології виробництва вітчизняного газобетону підтверджується якістю продукції компанії «Аерок», яка займає ключові показники по виробництву автоклавного газобетону низької щільності і високої міцності. Компанія першою на території пострадянського простору розпочала масове виробництво теплоізоляційного газобетону марки D150, що не має аналогів в СНД, і газобетону марки D300 з класом міцності на стиск С2,0. Показана структура виробництва газобетону по щільності компанії «Аерок» і основні напрямки зниження витрати цементу при виробництві газобетону за рахунок використання доменного гранульованого шлаку і природного гіпсового каменю. Наведено залежність збільшення витрати цементу в залежності від зниження щільності газобетону.

Розкрито особливості вдосконалення якості автоклавного газобетону на прикладі продукції компанії «Аерок» та показані шляхи підвищення карбонізаційної стійкості автоклавного газобетону через низьку щільність і високу паропроникність.

Ключові слова: стінові матеріали, енергоефективність газобетон, теплоізоляція.

Dmitrii Rudchenko, Vasyl Serdyuk / Energy saving aspects in production and use of low-density aerated concrete // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 4-10. Fig.: 7. Table: 1. Bibliography: 11 titles.

Annotation. The article provides an analysis of the regulatory requirements regarding the thermal resistance of the walls of modern buildings. Comparison of regulatory requirements close to Ukraine in terms of climatic conditions in the Baltic States and Finland indicates a significant lag in the indicators of Ukrainian standards.

Based on the analysis of the structure of wall materials produced in Ukraine, a decrease in the volume of production of ceramic building bricks, expanded clay, which have lost their positions in the construction market due to the high-energy intensity of production and low thermo physical properties at the operation stage, and were displaced with autoclaved aerated concrete, is shown.

The trends in the production of autoclaved aerated concrete in Ukraine are shown. The high level of technology for the production of domestic aerated concrete is confirmed by the quality of the products of "Aeroc" company, which occupies the key indicators for the production of autoclaved aerated concrete of low density and high strength. On the territory of the post-Soviet countries the company was the first to start mass production of heat-insulating aerated concrete of the D150 brand, which has no analogues in the CIS, and aerated concrete of the D300 brand with a compressive strength class of C2.0. The structure of the production of aerated concrete by density of "Aeroc" company and the main directions of reducing the consumption of cement in the production of aerated concrete using granulated blast furnace slag and natural gypsum stone are shown. The dependence of the increase in cement consumption depending on the decrease in the density of aerated concrete is given.

The features of improving the quality of autoclaved aerated concrete on the example of the products of the company "Aeroc" are revealed and ways to increase the carbonization resistance of autoclaved aerated concrete due to low density and high vapor permeability are shown.

Key words: wall materials, energy efficiency aerated concrete, thermal insulation.

УДК 691.32

Дворкін Л. Й., Марчук В. В., Зятюк Ю.Ю. / Цементно-шлакові суміші для 3D принтеру // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 14-19. Рис.: 9. Табл.: 6. Бібліографія: 6 назв.

Анотація. У статті показана можливість отримання цементно-шлакових дрібнозернистих бетонних сумішей та бетонів, які можуть бути використані в якості робочих сумішей для 3D-принтера. Отриманий комплекс експериментально-статистичних моделей дозволяє прогнозувати вплив факторів, що характеризують склад суміші на основні властивості бетонів, що призначені для 3D бетонування. Розроблені склади сумішей дозволяють забезпечити необхідні значення терміну тужавлення, структурної міцності, міцності на розколювання та стиску у ранньому та проектному віці. Встановлений вплив доменного гранульованого шлаку та добавки прискорювача твердіння на комплекс властивостей запропонованих дрібнозернистих бетонів для 3D бетонування.

Ключові слова: портландцемент, доменний гранульований шлак, 3D будівельний принтер, адитивні технології, суперпластифікатор, прискорювач твердіння.

Dvorkin Leonid, Vitaliy Marchuk, Yu. Zyatuk / Cement slag concrete for 3D printer // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 14-19. Fig.: 6. Table: 1. Bibliography: 6 titles.

Abstract. The article shows the possibility of obtaining cement-slag fine-grained concrete mixtures and concretes, which can be used as working mixtures for a 3D printer. The resulting complex of experimental and statistical models makes it possible to predict the influence of factors characterizing the composition of the mixture on the main properties of concretes intended for 3D concreting. The developed compositions of mixtures make it possible to provide the required values of the setting time, structural strength, splitting and compression strength at an early and projected age. The influence of granulated blast-furnace slag and the addition of a hardening accelerator on the complex of properties of the proposed fine-grained concrete for 3D concreting has been established.

Key words: portland cement, blast furnace slag, 3D construction printer, additive technologies, superplasticizer, hardening accelerator.

УДК 666.94

Гев`юк І. М., Кропивницька Т. П. / Швидкотверднучий шлакопортландцемент виробництва ПрАТ «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ» – нова якість // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 20-23. Рис.: 5. Табл.: 2. Бібліографія: 13 назв.

Анотація. У статті проаналізовано досвід широкого використання портландцементів з добавкою гранульованного доменного шлаку. Наведено дані про властивості швидкотверднучого шлакопортландцементу з високою ранньою міцністю виробництва ПрАТ «Івано-Франківськцемент». Показано, що висока якість та швидкість тверднення шлакопортландцементу досягаються за рахунок формування дрібнокристалічної мікроструктури клінкеру, оптимізації гранулометричного складу, а також високого технічного рівня роботи заводу та строгої системи контролю технологічних параметрів процесу виробництва.

Ключові слова: високотехнологічне підприємство, гранульований доменний шлак, шлакопортландцемент з високою ранньою міцністю, сульфатостійкість.

I. Geviuk, T. Kropyvnytska / Rapid hardening blast furnace cement OF JSC "IVANO-FRANKIVSKCEMENT" PRODUCTION – new quality // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 20-23. Fig.: 5. Table: 2. Bibliography: 13 titles.

Annotation. The article analyzes the experience of widespread use of Portland cement with the addition of granular blast furnace slag. It is presented the data of the properties of innovative rapid hardening blast furnace cements with high early strength) of PSC "Ivano-Frankivsk Cement" production. It is shown that high quality and rapid hardening of blast furnace cements are achieved due to the formation of fine crystalline microstructure of clinker and optimization of main constituents and granulometric composition of cements, as well as a high technical level of the plant and a strict system of control of technological parameters of production processes.

Keywords: high-tech enterprise, granular blast furnace slag, blast furnace cements with high early strength, sulfate resistance.

УДК 666.9

Безуглий А. О., Кріпка Л. М. / Україна – курс на автомобільні дороги із цементобетонним покриттям // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 26-29. Рис.: 10. Бібліографія: 4 назв.

Анотація. У статті проаналізовано напрямки будівництва автомобільних доріг з цементобетонним покриттям, розширення можливості реалізації вітчизняного промислового потенціалу та покращення інвестиційного клімату України в цілому. Представлена Концепція Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування з цементобетонним покриттям на 2021-2026 роки та Зелена книга «Будівництво цементобетонних доріг для місцевих громад».

Ключові слова: автомобільні дороги з цементобетонним покриттям, дороги місцевого значення, промислові відходи, технології улаштування, контроль якості, високі навантаження, укочуваний бетон.

Artem Bezugly, Ljudmyla Kripka / Ukraine – course on to automobile roads with cement-concrete pavement // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 26-29. Fig.: 10. Bibliography: 4 titles.

Annotation. The article analyzes the possibility of building highways with cement concrete pavement, shows the expansion of the possibility of realizing the domestic industrial potential and improving the investment climate in Ukraine as a whole. The presented Concept of the State Target Economic Program for the Development of Public Roads with Cement-Concrete Pavement for 2021-2026 and the Green Book "Construction of Cement-Concrete Roads for Local Communities".

Key words: highways with cement concrete pavement, local roads, industrial waste, device technologies, quality control, high loads, Roll Concrete (RCC).

УДК 691.3

Гришко Г. М. / Структура та властивості дисперсно-армованого композиційного в'яжучого матеріалу // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 30-33. Рис.: 7. Бібліографія: 6 назв.

Анотація. Для визначення впливу поверхні розділу на морфологію кристалів, формування каркаса і структуру затверділої суміші, проведено ряд досліджень на гіпсових і цементних в'яжучих речовинах. Спочатку досліджували формування структури у водному середовищі – потім з добавкою ПАР. Далі для визначення впливу твердої поверхні на процеси гідратації вводили дискретні волокна. При цьому аналіз результатів показує, що крім армуючої дії волокон, значну роль відіграє межа розділу волокно-матриця, активність і величина поверхні.

Ключові слова: композиційні в'яжучі матеріали; властивості; дисперсно-армовані розчини; гідратація; структура; твердіння.

H. Hryshko / Structure and properties of disperse-reinforced composite binder // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 30-33. Fig.: 7. Bibliography: 6 titles.

Abstract. We have conducted several studies using gypsum and cement binders in order to assess the influence of interface on the morphology of crystals, scaffold formation, and structure of hardened mixture. First, structure formation was studied in aqueous medium, and then a surfactant was added. Next, we added discrete fibers to assess the impact of solid surface on hydration processes. It is notable that the results analysis shows that the fiber-matrix interface, surface activity, and surface area play a significant role.

Keywords: composite binders, properties, disperse-reinforced solutions, hydration, structure, hardening.

УДК 691.3

Пушкарьова К. К., Гончар О. А., Іонов Д. С., Гадайчук Д. Р. / Особливості отримання та перспективи використання реакційно-порошкових бетонів у будівельній галузі України // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 36-39. Рис.: 1. Бібліографія: 27 назв.

Анотація. В роботі показано, що отримання високофункціональних бетонів, в тому числі реакційно-порошкових, досягається за умови виконання багатьох факторів, таких як: використання високоміцних цементів та заповнювачів, максимально низьким водоцементним співвідношенням, високою максимально можливою витратою цементу, застосуванням суперпластифікаторів нової генерації і модифікуючих нанодобавок. Використання таких складів бетонів особливо є ефективним в технологіях будівельного друку на 3D принтерах.

Ключові слова: високоміцні бетони, високофункціональні бетони, самоущільнювальні бетони, реакційно-порошкові бетони.

K. Pushkarova, O. Honchar, S. Ionov, D. Hadaichuk / Peculiarities of obtaining and prospects for using reactive-powder concrete in the construction industry of Ukraine // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 36-39. Fig.: 1. Bibliography: 27 titles.

Abstract. It is shown in the work that the production of highly functional concretes, including reaction-powder concretes, is achieved subject to the fulfillment of many factors, such as: the use of high-strength cements and aggregates, the lowest possible water-cement ratio, the highest possible cement consumption, the use of new generation superplasticizers and modifying nanoadditives. The use of such concrete compositions is especially effective in construction technologies for printing on 3D printers.

Keywords: high-strength concrete, high performance concrete, self-Compacting concrete, reactive powder concrete.

УДК 691.32

Троян В. В., Кіндрась Б. П. / Моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 40-43. Рис.: 5. Бібліографія: 20 назв.

Анотація. Наведено результати моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів, здатних до

самоущільнення. Шляхом моделювання пружних і мікропластичних деформацій по діаграмах деформування зразків-призм 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 добавок починається на 9 добу, а утворення магістральної тріщини – на 11 добу твердніння. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з золою виносу, вапняковим борошном та мікрокремнеземом починається на 6 добу твердніння. Утворення усадочних магістральних тріщин в цих бетонах починається на 8, 10 та 11 добу твердніння відповідно. Початок утворення усадочних мікротріщин в бетоні з метакаоліном починається на 8 добу, а магістральної тріщини – на 17 добу твердніння. Отже, склад бетону з метакаоліном 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, 2021, № 1-2, pp. 40-43. Fig.: 5. Bibliography: 20 titles.

Abstract. 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 ofmicroplastic deformation of concrete with metakaolin.

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

УДК 691.22

Фурсов Ю. В., Юніс Башир Н., Алі Аділ Халід / Бетонні трубні палі, виготовлені вібраційно-вакуумированим способом для малоповерхового будівництва // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 44-46. Рис.: 2. Табл.: 1. Бібліографія: 8 назв.

Анотація. Розроблено нові конструктивні рішення зведення економічних фундаментів, яки засновані на технології формування пустотілих буронабивних паль з високоміцного дрібнозернистого бетону. Відповідно до проведеного розрахунку міцності бетону для розробленої в ХНУБА палі вищевказаного розміру, витрата бетону в порівнянні з палею Страуса може бути зменшена з 0,21 м^3 (суцільна паля) до 0,05 м^3 (паля ХНУБА), тобто зменшення в 4 рази.

Значне зниження витрат матеріалу показує економічну ефективність тонкостінних паль.

Ключові слова: трубчаста палі, фундамент, бетон, малоповерхові будівлі, несуча здатність.

Yu. Fursov, N. Yunis Bashir, Ali Adil Khalid / Concrete pipe bored piles manufactured by vibration-vacuuming for low-rise construction // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 44-46. Fig.: 2. Table: 1. Bibliography: 8 titles.

Abstract. New constructive solutions have been developed for the construction of cost-effective foundations based on the technology of forming hollow bored piles from high-strength fine-grained concrete. The using of the new pile foundations in low-rise construction allows to reduce construction costs by 50 % and reduce the volume of earthworks, reduce concrete consumption.

Key words: pipe piles, foundation, concrete, low-rise buildings, bearing capacity.

УДК 67.06 : 666.9.022

Мельник Л. І., Білоусов О. Ю., Свідерський В. А., Черняк Л. П. / Питання зменшення енергоємності виготовлення пористих композиційних матеріалів // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 48-50. Рис.: 4. Табл.: 2. Бібліографія: 13 назв.

Анотація. Подано результати досліджень по технології виготовлення пористих композиційних матеріалів на основі систем наповнювач – сополімер. Показано особливості порової структури та властивостей матеріалу при використанні 80-89 мас. % керамічного шамоту і природного цеоліту із Latex 2012 як зв'язуючим.

Ключові слова: композиційний матеріал, наповнювач, сополімер, склад, ліофільність, пористість, властивості.

Liubov Melnyk, Oleg Bilousov, Valentin Svidersky, Lev Chernyak / To the question of reduction of power-hungryness of making of porous composition materials // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 48-50. Fig.: 4. Table: 2. Bibliography: 13 titles.

Abstract. Results of researches on technology of making of porous composition materials on basis of the systems a filler – copolymer are given. The features of pore structure and properties of material at the use of 80-89 % ceramic chamot and natural zeolite with Latex 2012 as connective are shown.

Keywords: composition material, filler, polymer, composition, liophilicity, porosity, properties.

УДК 65.8.5.011.56:65.01

Корнило І.М., Гнип О.П. / Системний метод використання векторів і матриць при будівництві об'єктів // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 54-55. Бібліографія: 1 назв.

Анотація. У статті 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.

I. Kornylo., O. Gnyp / System method for using vectors and matrixes in construction of objects // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 54-55. Bibliography: 1 titles.

Annotation. 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.

УДК 626.8: 692

Колохов В. В., Мороз Л. В., Гришко Г. М. / Оцінювання технічного стану конструкцій будівлі насосної станції кайдацької насосно-фільтрувальної станції м. Дніпра // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 56-58. Рис.: 7. Бібліографія: 3 назв.

Анотація. В статті представлено матеріали, щодо обстеження стану конструкцій будівлі насосної Кайдацької насосно-фільтрувальної станції м. Дніпро. Метою роботи є діагностика технічного стану будівельних конструкцій насосної станції за рахунок проведення інженерно-технічного обстеження будівлі.

Ключові слова: обстеження, технічний стан, споруда, будівля, конструкція, діагностика.

V. Kolokhov, L. Moroz, H. Hryshko / Technical condition assessment of structures of a pump house building of kaidatska pump and filter station in Dnipro // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 56-58. Fig.: 7. Bibliography: 3 titles.

Abstract. The paper presents materials on a condition survey of structures of the pump house building of Kaidatska Pump and Filter Station in Dnipro. The aim of the paper is to conduct technical condition diagnostics of the building structures of the pump station by conducting an engineering survey of the building.

Keywords: survey, technical condition, structure, building, construction, diagnostics.

УДК 691.41

Красильнікова З. С., Нечитайло О. М. / Удосконалення методу визначення чутливості глин до сушіння // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 60-61. Бібліографія: 4 назв.

Анотація. У статті наведено важливість оцінки методу чутливості глинистої сировини до сушіння кількома методами. Представлені порівняльні якісні показники для оцінки сировини до сушіння. Наведені доповнення і зміни в методику випробувань по визначенню чутливості сировини до сушіння. Ці доповнення допоможуть заводським лабораторіям більш точно оцінювати сировину і підбирати склади шихт, які нечутливі до сушіння, а отже – зменшити втрати виробництва.

Ключові слова: глиниста сировина, чутливість до сушіння, порівняльні покавзники, методи випробування, визначення чутливості глин до сушіння, доповнення і зміни, оцінка сировини, склади шихт, зменшення втрат виробництва.

Zinaida Krasilnikova, Oleg Nechytailo / Improving the method of determining the sensitivity of clays to drying // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 60-61. Bibliography: 4 titles.

Abstract. The article presents the importance of assessing the method of sensitivity of clay raw materials to drying several methods. Comparative qualitative indicators are presented to assess raw materials to drying. The additions and changes in the test method are given to determining the sensitivity of raw materials to drying. These additions will help factory laboratories more accurately evaluate the raw materials and select the warehouses of the charge, which are insensitive to drying, and therefore – reduce production losses.

Key words: Clay raw material, sensitivity to drying, comparative shells, test methods, definition of clay sensitivity to drying, supplement and change, estimation of raw materialsl, warehouses of charge, reduction of production losses.

УДК 662.99:66.047.57

Торчинський А. І., Марченко Г. С., Андрєєв С. К., Макаренко В. А., Волобуєв С. В., Хімович С. В. / Енергетична і теплотехнологічна ефективність сушіння піску і доломіту в сушильних барабанах // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 62-65. Рис.: 1. Табл.: 1. Бібліографія: 9 назв.

Анотація. В Інституті газу НАН України розроблено високоефективні теплогенератори різної теплової потужності, які виробляють газоповітряні теплоносії в широкому діапазоні температур. Оснащення сушильних барабанів такими теплогенераторами забезпечує більш високий технічний і якісний рівень проведення сушильного процесу, що гарантує отримання кінцевої продукції високої якості з одночасним значним енергетичним ефектом.

Ключові слова: газопальникові пристрої, теплогенератор, обертовий барабан, процесс сушки, спалювання газа, энергетична, технологічна, екологічна ефективність.

A. Torchinskyi, G. Marchenko, S. Andreev, V. Makarenko, S. Volobuev, S. Khimovich / Energy and heat technological efficiency of drying sand and dolomite in drying drums // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 62-65. Fig.: 1. Table: 2. Bibliography: 9 titles.

Abstract. Highly efficient heat generators of different heat capacity has developed at the Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, which produce gas-air heat carriers in a wide range temperatures. Equipping drying drums with such heat generators provides a higher technical and high-quality level of the drying process, which guarantees the receipt of high quality final products with a significant energy effect.

Keywords: gas burner device, burner module, heat generator, rotating drum, drying process, gas burning, energy, technological, environmental efficiency.

УДК 691.328.43

Нульман О. Н. / Спосіб поліпшення конкурентоспроможності сухих будівельних сумішей вітчизняного виробництва // Будівельні матеріали та вироби, 2021, № 1-2, стр. 66-67. Рис.: 1.

Анотація. Стаття стосується боротьби за український ринок виробництва і споживання сухих будівельних сумішей між вітчизняними виробниками та відомими іноземними імпортерами.

У публікації пропонується метод підвищення конкурентоспроможності вітчизняних виробників сухих будівельних сумішей за рахунок застосування оборотних малих пересувних бункерів, що завантажуються сумішами на заводах – виробниках та доставляються на невеликі об'єкти (квартири, котеджі). У статті наводиться попередня оцінка економічних і технічних переваг організації поставок ССС за пропонованим методом.

Ключові слова: сухі будівельні суміші, підвищення конкурентоздатності вітчизняних виробників.

Oscar Nulman / A way to improve competitiveness of dry building mixtures of domestic production // Building materials and products, 2021, № 1-2, pp. 66-67. Fig.: 1.

Annotation. The article concerns the competition on the Ukrainian market for the production and consumption of dry building mixtures between domestic manufacturers and well-known foreign importers. The publication proposes a method for increasing the competitiveness of domestic manufacturers of dry building mixtures through the use of reversible small mobile bunkers loaded with mixtures at manufacturing plants and delivered to small objects (apartments, cottages).The article provides a preliminary assessment of the economic and technical advantages of organizing the delivery of dry mixes according to the proposed method.

Keywords: dry building mixtures, increasing the competitiveness of domestic manufacturers.

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 з ДСТУ 7.1:2006).

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 – ПРІЗВИЩЕ АВТОРА.
Також додається копія статті у форматі pdf поліграфічної якості.
Індекс УДК друкують окремим рядком у верхньому правому кутку.
Додаються анотації українською англійською та російською мовами.
Обсяг анотацій – не більше 1/3 сторінки А4.
Формат аркушу А4 (210х297мм).

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 імпортуються 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, російською та англійською мовами:

УДК ....
П.І.Б. автора / Назва статті // Журнал Будівельні матеріали та вироби, 201..., №... – Стор.... – Табл: .... – Рис... – Бібліографія: ... назв.
Текст реферату
УДК ....
Ф.И.О. автора / Название статьи // Журнал Строительные материалы и изделия, 201..., №... – Стр. .... – Табл.: ... – Рис... – Библиография: ... назв.
Текст реферата
UDK ....
Name, Surname of author / Name of article // Magazine Building materials and products, 201..., №... – P.... Tabl.: ... – fig.... Refs.... titles.
Text of abstract

Видавництво «БАРМИ»
04080, Київ, вул. Кирилівська, 86
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру, серія ДК №2000
від 08.11.2004 р.
Підписано до друку 27.04.2021 р.
Формат 64х90/8.
Ум. друк. арк. 8. Обл.-вид. арк. 8,94
Наклад 5000 прим.
Зам № 764- 27К: Видавництво "БАРМИ" 2021, 80 стор.

ISSN 2415-9890

KS 1000 X-dek

Сендвіч-панель для плоскої покрівлі:
ПВХ-мембрана, вогнестійкий утеплювач, профлист h = 108 мм

X-dek - сендвіч-панель, яку можна використовувати на плоских дахах - починаючи з 1% ухилу - з дуже великими прольотами між опорами - до 6,00 м або навіть 7,50 м.

Панель має ряд конкурентних переваг перед традиційною "м'якою покрівлею": швидкий монтаж, відмінна тепло- й гідроізоляція, зручність використання.

- Проліт між опорами – до 7,5 м
- Можливість отримання ефекту жорсткого диска будівельної конструкції.
- Відмінна теплоізоляція протягом всього строку експлуатації: R від 4,54 до 9,07 м² К/Вт.
- Вогнестійкі ізоляційні наповнювачі (утеплювачі) IPN або QuadCore – REI 30
- Простий і швидкий монтаж – до 1200 м² на день.
- Висока міцність і легка вага панелі – від 15 до 23 кг/м²
- Кілька типів панелей, зокрема й із заводською гідроізоляцією – ПВХ-мембрана 1,5 мм.

ТОВ "Кінгспан-Україна" | +38 067 467 13 01 | evgeniy.cherednik@kingspan.com | www.kingspan.ua

ЕКОЛОГІЧНО
ЧИСТІ
ОЗДОБЛЮВАЛЬНІ
МАТЕРІАЛИ

ТОВ "КНАУФ ГІПС КИЇВ"
03067, м. Київ, вул. Гарматна, 8
тел.: (+38 044) 277-9900
www.knauf.ua

KNAUF