

## БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 666. 691.624.01

### НІЗДРЮВАТИЙ БЕТОН ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В. Р. Сердюк, О. В. Христич, П. В. Постовий

### ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН ПОЛІФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Р. Сердюк, А. В. Христич, П. В. Постовой

### CELLULAR CONCRETE MULTIFUNCTIONAL PURPOSE

V. Serduk, A. Khrystych, P. Postovy

*Обґрунтовано актуальність наукової тематики розробки і дослідження нових радіопоглинальних матеріалів для захисту від шкідливих впливів на оточуюче середовище проникаючих електромагнітних випромінювань (ЕМВ). Проведені дослідження фізико-механічних властивостей зразків-моделей радіоекрануючих покриттів з різним вмістом дисперсного металевого наповнювача. Вивчено взаємозв'язок рецептурно-технологічних параметрів виготовлення зразків з їхніми експлуатаційними характеристиками. Експериментально підтверджено можливість використання металонасиченого ніздрюватого бетону як захисного покриття від шкідливих впливів ЕМВ. Встановлено доцільність створення радіопоглинальних конструкцій і покриттів варіотропної структури з використанням ніздрюватого металонасиченого бетону різного ступеня пористості.*

**Ключові слова:** бетон, поглинання радіації, електромагнітне випромінювання, ніздрюватий бетон, металонасичення, захисне покриття, дисперсний наповнювач, радіо-екрануюче покриття.

*Обосновано актуальность научной тематики разработки и исследования новых радиопоглощающих материалов для защиты от вредных влияний на окружающую среду проникающих электромагнитных излучений (ЭМВ). Выполнены исследования физико-механических свойств образцов-моделей радиоэкранирующих покрытий с различным содержанием дисперсного металлического наполнителя. Изучено взаимосвязь рецептурно-технологических параметров изготовления образцов с их эксплуатационными характеристиками. Экспериментальными методами подтверждена возможность использования металлонасыщенного ячеистого бетона в качестве защитного покрытия от вредного влияния ЭМВ. Установлена целесообразность создания радиопоглощающих конструкций и покрытий вариотропной структуры с использованием ячеистого металлонасыщенного бетона различной степени пористости.*

**Ключевые слова:** бетон, поглощение радиации, электромагнитное излучение, ячеистый бетон, металлонасыщение, защитное покрытие, дисперсный наполнитель, радио экранирующее покрытие.

*The urgency of the development of scientific issues and research of new radar absorbing materials for protection against harmful effects on the environment nestles electromagnetic emissions ( EME ) . The studies of the physical and mechanical properties of the sample models radio shielding coatings with different contents of particulate metal filler. The relationship of formulation and technological parameters for preparing samples with their performance was studied. Experimental methods confirmed the possibility of using metal- cellular concrete as a protective coating from the harmful effects of EME . The expediency of creating designs and radar absorbing coatings variotropnoy structure using metal- aerated concrete varying degrees of porosity.*

**Keywords:** concrete, absorption of radiation, electromagnetic radiation, porous concrete, metalonasychnyya, sheeting, particulate filler, radio shielding coating.

**Вступ.** Домінуючими напрямками використання ніздрюватих бетонів в будівництві є виготовлення ефективних енергозберігаючих конструкцій та утеплювального покриття захисних конструкцій будівель і споруд. В залежності від фізико-механічних характеристик ніздрюватих бетонів, будівельні вироби виготовлені з них розподіляють на три основні класи: теплоізоляційні, конструкційно-теплоізоляційні і конструкційні. Належність виробів до тієї чи іншої групи залежить від рецептурно-технологічних параметрів виготовлення матеріалу. Разом з тим будівництво 21-го століття також потребує застосування нових ефективних доступних недорогих будівельних матеріалів спеціального призначення для захисту від небезпечних екологічних факторів.

В середині 20 століття з'явився новий небезпечний екологічний фактор - електромагнітне забруднення навколишнього середовища. Небезпека якого швидко росте із розвитком і використанням сучасних електронних технологій і систем, які є джерелами електромагнітних полів. Безперервний ріст електромагнітного фону обумовлений різким збільшенням кількості радіо- і телевізійних станцій, розширенням мережі високовольтних ліній електропередач, швидким зростанням систем мобільного і радіотелефонного зв'язку, радіолокаційних установок, широким впровадженням радіоелектронних пристроїв, надвисокочастотних випромінюючих приладів і технологій в багатьох областях промисловості, а також в побутових умовах.

Зростання шкідливих впливів електромагнітних випромінювань (ЕМВ) на навколишнє середовище в промислових містах і центрах також відбувається так званими ненавмисними випромінювачами. Так називають пристрої, які генерують електромагнітну енергію, використовуючи її локально і не призначену для електрозв'язку. До таких пристроїв відносяться: діелектричні печі; різні генератори, які використовуються в промислових, наукових і медичних високочастотних установках (ВЧУ).

**Задачі досліджень.** Невпинне збільшення рівнів шкідливих впливів джерел ЕМВ навколишнє середовище і особливо на здоров'я людей зобов'язує запроваджувати низку організаційно-технічних заходів для забезпечення належного біологічного захисту живих організмів. Організаційні методи захисту передбачають оптимізацію проектування взаємного розташування випромінюючих і опромінених об'єктів, а також таку організацію роботи, при якій вдається понизити до мінімуму час опромінювання і запобігти попаданню об'єкта в зони небезпечного випромінювання. Під останніми розуміються такі області, в яких рівні ЕМВ перевищують гранично допустимі – області дискомфорту.

Використання колективних методів зменшення негативних впливів передбачає захист населених пунктів, житлових районів, окремої групи будинків, а також створення екрануючих конструкцій і покриттів окремих приміщень і об'єктів в цілому. Дані методи захисту передбачають використання як традиційних, так і спеціальних будівельних матеріалів з регламентованими радіо екрануючими і радіопоглинаючими властивостями. Наприклад, залізобетонна конструкція внаслідок використання в матеріалі металеві арматури більшою мірою ослаблює енергію проникаючого ЕМВ, ніж конструкції з цегли або інших неармованих матеріалів. Зокрема, в житлових будівлях, виконаних із залізобетонних панелей, напруженість поля спостерігається у декілька разів менша, ніж в будівлях з цегли [1 - 3].

Одним із завдань комплексного захисту від ЕМВ є розробка інженерних рішень з створення спеціальних оздоблюючих покриттів екрануючими або радіопоглинаючими матеріалами. Так, при захисті приміщень від зовнішніх випромінювань з успіхом застосовується оклеювання стін спеціальними металізованими шпалерами. Для зменшення рівнів ЕМВ, проникаючих в будівлі через віконні отвори, рекомендується використовувати спеціальне металізоване скло [3].

Отже, перед науковцями галузі будівельного матеріалознавства гостро постає проблема розробки і дослідження ефективних радіозахисних будівельних матеріалів і конструкцій, здатних екранувати штучне ЕМВ радіочастотного діапазону і разом з тим перешкоджати проникненню в приміщення геомагнітних полів.

**Вирішення науково-дослідних завдань.** Характерною особливістю ніздрюватих бетонів є те, що вони мають великий діапазон пористості (47-95 %), розмір пор залежить від кількості газоутворюючого і піноутворюючого компонентів, водотвердого відношення, активності в'язучого і температури при якій відбувається тужавлення бетонної суміші. А тому шляхом використання спеціальних наповнювачів структури цілком ймовірно отримання спеціального

радіопоглинаючого матеріалу із властивостями близькими до поглиначів відомих закордонних фірм, наприклад " Siemens" або "Raytheon" [3]. Одним із способів отримання нового композиційного матеріалу із заданими властивостями є використання у складі формувальних сумішей ніздрюватого бетону дисперсного металевго наповнювача. Змінюючи рецептурно-технологічні параметри виготовлення моделей радіоекрануючого покриття можна регулювати макроструктуру матеріалу, а також величину діелектричної і магнітної проникливості бар'єрного захисту.

Отриманий науковцями Вінницького національного технічного університету бетон електротехнічний металонасичений (бетел-м) є новим різновидом композиційних матеріалів спеціального призначення. Розроблений на його основі ніздрюватий бетон при належному науковому супроводі може трансформуватись в новий радіопоглинаючий матеріал для виготовлення біологічного і інженерно-технічного захисту від ЕМВ. Наявність хорошої адгезії між мінеральним в'язучим і частинками металевго наповнювача, суміщення лінійних деформацій цементного каменю і металу, широкий діапазон електричного опору забезпечили набування матеріалом широкого спектра поліфункціональних властивостей.

Ефективність радіозахисних властивостей бетелу-м ніздрюватої структури буде забезпечуватись використанням у складі сировинних сумішей дисперсного реакційоздатного металевго наповнювача, завдяки чому в структурі поризованого композиту відбуватиметься формування залізовміщуючих гідросилікатів і гідрогранатів. Такий матеріал можна розглядати як складну гетерогенну систему з великими поверхнями поділу фаз (аналогія багат шарових екранів) [4-6]. Підвищення рівнів бар'єрного захисту від електромагнітних випромінювань порівняно з традиційними будівельними матеріалами і ніздрюватими бетонами характеризуватимуться проявом граничних ефектів (розсіювання і відбивання на межі поділу фаз).

Для дослідження кількісних і якісних характеристик екрануючої і поглинальної здатності від ЕМВ зразків-моделей захисних покриттів нами попередньо прийняті склади сировинних сумішей з вмістом металевго наповнювача 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % і 60 % мас сухої суміші. Проведені дослідження впливу технологічних параметрів виготовлення зразків екрануючих покриттів з бетелу-м поризованої структури на фізико-механічні характеристики матеріалу свідчать, що даний матеріал відповідає нормативним вимогам, які висувають до стінових виробів з ніздрюватих бетонів [7, 8]. На графіках (рис. 1, рис. 2) подано вплив рецептурно-технологічних параметрів зразків на їхні фізико-механічні характеристики.

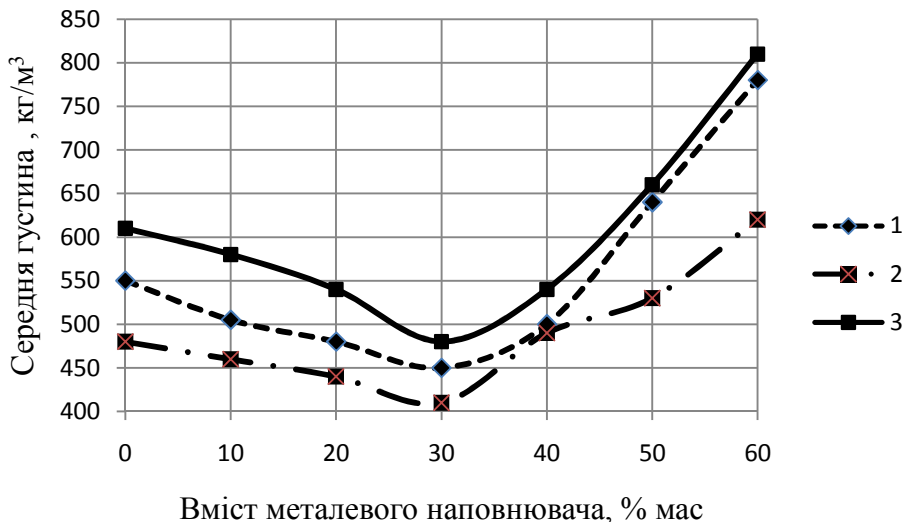


Рис. 1. Вплив вмісту металевго порошку на середню густину зразків ніздрюватого бетону з різними заповнювачами: 1 – кварцовий пісок; 2 – зола-виносу; 3 – гранітний відсів

Так з поданих результатів досліджень видно, що додавання до складу формувальних сумішей металевго наповнювача в межах до 40 % мас позитивно впливає на фізико-механічні характеристики зразків. При збільшенні пористості матеріалу спостерігається приріст його міцності при стиску, очевидно таке явище можна пояснити модифікацією структури композиційного матеріалу металевим наповнювачем. В роботах [5, 6] було відображено, що наявність оксидних плівок на поверхні частинок металу (відходи металообробки) призводить до

збільшення кількості новоутворень в процесі гідратації мінерального в'язучого. За результатами ДТА зразків з вмістом металевго наповнювача до 30 % мас встановлено, що вміст хімічно-зв'язаної води збільшився на 11-14 % порівняно з контрольними зразками без струмопровідного наповнювача. Крім того специфічні геометричні форми частинок металу (пластинчата і голковидна) забезпечують так зване мікроармування стінок міжпорових перегородок, що в свою чергу сприяє підвищенню механічних характеристик матеріалу.

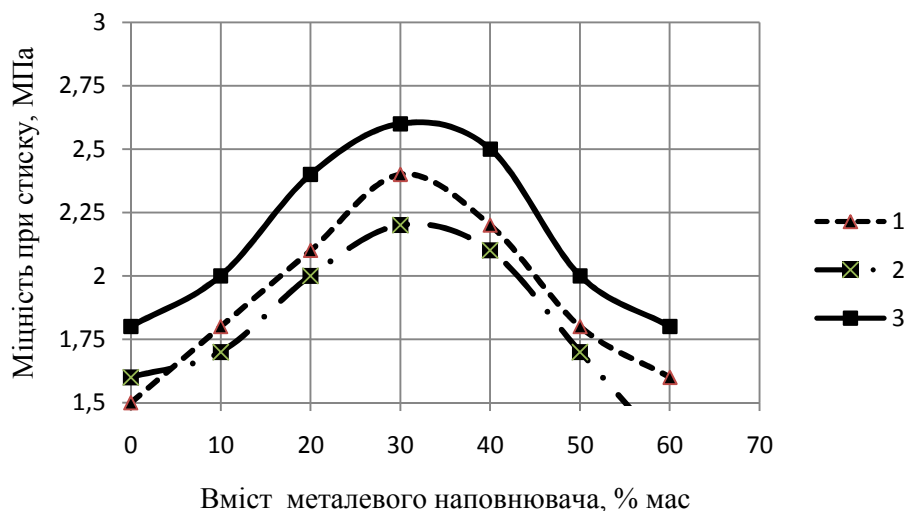


Рис. 2. Вплив вмісту металевго порошку на середнє значення міцності при стику зразків ніздрюватого бетону з різними заповнювачами: 1 – кварцовий пісок; 2 – зола-винос; 3 – гранітний відсів

Збільшення вмісту металевго наповнювача до 60 % мас приводить до зменшення кількісних значень механічних характеристик матеріалу, разом з тим спостерігається зростання середньої густини зразків. Такі результати можна пояснити збільшенням кількості води замішування через велику дисперсність металевих порошоків (співрозмірна з частинками цементу). Зменшення механічних характеристик зразків по мірі збільшення вмісту дисперсного металевго наповнювача також можна пояснити недостатньо клеючого розчину в'язучого в структурі тверднучих мас для формування міцних новоутворень.

Загалом електромагнітні випромінювання займають область частот від  $10^{-3}$  до  $10^{26}$  Гц. При цьому діапазон частот від 3 Гц до 3000 ГГц відносять до радіочастотного спектра [3]. Враховуючи специфіку проведення експериментальних досліджень екрануючої і поглинаючої здатності композиційних матеріалів нами були відібрані зразки-моделі екранів з використанням кварцового піску як традиційного заповнювача будівельних сумішей. Попередньо прийнято, що для експериментальних випробувань радіоекрануючих характеристик зразків будуть використовуватись такі спектри частот ЕМВ: 4 ГГц, 8 ГГц, 10 ГГц, 12 ГГц і 20 ГГц. Результати визначення величини загальної ефективності екранування ЕМВ дослідних зразків для вибраних частот випромінювань подані на рис. 3.

Подана на рис. 3 графічна інтерпретація результатів дослідження радіоекрануючих характеристик зразків бетону-м ніздрюватої структури свідчить, що із збільшенням вмісту дисперсного металевго наповнювача у складі формувальних сумішей – загальна ефективність екранування зростає. Необхідно відмітити, що при зменшенні частоти випромінювання до 1 ГГц загальна ефективність екранування зменшується на 20-30%, а при збільшенні до 30 ГГц навпаки – покращується і теж незалежно від структури матеріалу. Шляхом варіювання рецептурних параметрів ніздрюватого бетону ми зможемо змінювати його екрануючі і поглинальні властивості від проникаючих ЕМВ. Ніздрюватий металонасичений бетон із збільшенням кількості електропровідного компонента практично не змінює свої екрануючі властивості, але при цьому збільшується його поглинаюча здатність. Випробувані зразки-моделі покриттів біологічного захисту з бетону-м ніздрюватої структури можуть забезпечити необхідні радіоекрануючі і радіопоглинаючі характеристики нового композиційного матеріалу.

Враховуючи фізичну природу ЕМВ і аналізуючи процеси взаємодії випромінювання з

речовиною екрана нами встановлено, що для електромагнітної хвилі, падаючої на поверхню, існує два види втрат. Хвиля частково відбивається від поверхні екрана, а заломлена (невідбита) хвиля розсіюється і поглинається із розповсюдженням в товщі екрана. Останнє явище, називається втратами на поглинання електричного і магнітного полів. Універсальність ніздрюватого бетону-м також полягає у достатньо високих термічних властивостях (через наближеність лінійних температурних деформацій сталі і цементного каменю), механічних характеристиках (внаслідок адгезії між металом і гідратними новоутвореннями цементу) і низькою середньою щільністю.

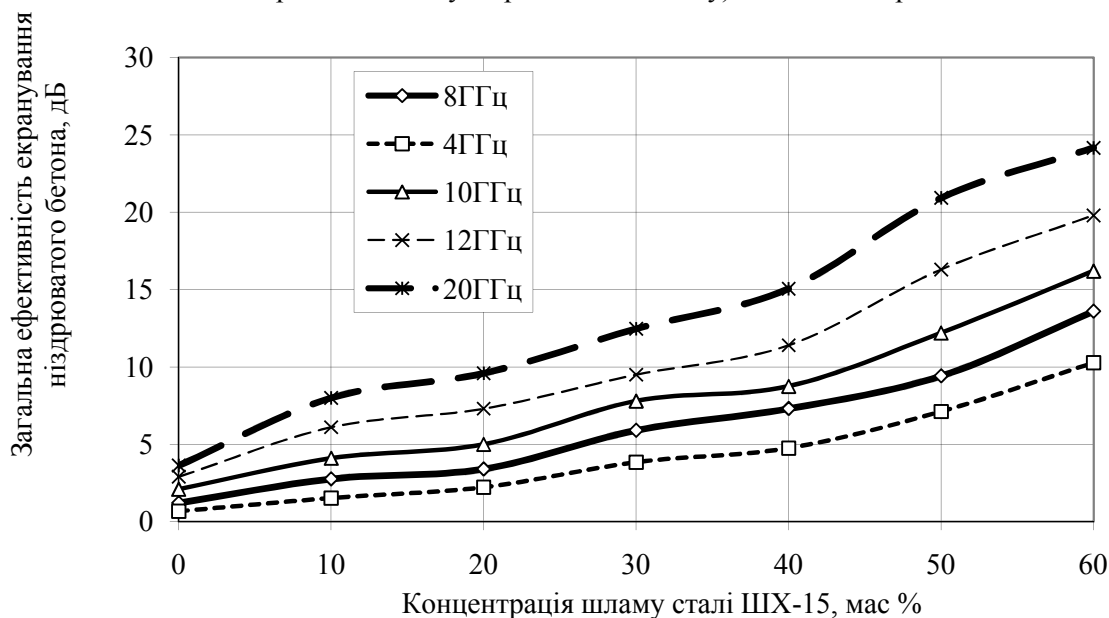


Рис. 3. Вплив вмісту металевого наповнювача у складі зразків ніздрюватого бетону на величину коефіцієнта загальної ефективності екранування ЕМВ

Всі дослідження в області радіозахисних матеріалів спрямовані на одержання високих значень коефіцієнта поглинання, широкого діапазону роботи, зниження габаритів, маси і вартості екранів. Основними параметрами радіозахисного матеріалу є діелектрична і магнітна проникності, від яких залежить загальна ефективність екранування, коефіцієнт відбиття і поглинання [1, 2].

Очевидно, що механізм набування радіоекрануючої здатності ніздрюватим бетоном забезпечується як властивостями самого матеріалу, так і електрофізичними процесами взаємодії ЕМВ з елементами структури поглинача. При проникненні випромінювання в товщину захисного екрана кожна частинка електропровідного компонента виконує функцію релаксатора, що має опір, індуктивність і ємність в контакті, посилену появою подвійного електричного шару на межі поділу фаз. Енергія електричного поля гаситься за рахунок активних втрат. Екранування в композиті протікає за рахунок зсуву заряду в кожній із частинок. На межі поділу фаз провідник – кристалогідрат новоутворень цементу, утворюється подвійний електричний шар, який має високу ємність. Зовнішнє поле викликає перезарядку, яка протікає у формі релаксації заряду на ємності з втратами, на якій і розсіюється енергія поля.

Аналізуючи результати проведених досліджень і властивості зразків-моделей радіопоглинального покриття можна стверджувати, що покращення захисних характеристик композиційного матеріалу поліфункціонального призначення можна досягти шляхом влаштування багат шарової конструкції бар'єрного екрана враховуючи при цьому, що діелектрична проникність верхнього шару повинна бути близька до діелектричної проникності повітря, що забезпечує мінімальне відбиття падаючого випромінювання від поверхні матеріалу, а самі шари повинні мати товщину рівну чверті хвилі, що приведе до зменшення відбиття від границі шарів за рахунок гасіння при інтерференції відбитого випромінювання.

### Висновки

- Проведені експериментальні дослідження властивостей зразків-моделей радіопоглинальних екранів, отриманих на основі сумішей бетону-м, підтверджують поліфункціональність напрямків використання нового матеріалу. Так, за результатами вивчення фізико-механічних

властивостей матеріалу можна зробити висновки, що вироби з бетону-м'яздрюватої структури задовольняють вимоги, яким відповідають конструкційно-теплоізоляційні бетони. Використання дисперсного металевго наповнювача у складі формувальних сумішей композиційного матеріалу забезпечує набуття ним радіоекрануючих і радіопоглинальних властивостей. Тобто, з таких матеріалів можуть виготовлятися як спеціальні покриття огорожуючих конструкцій приміщень будівель і споруд, так і самі огорожуючі конструкції, здатні забезпечувати належні теплоізоляційні, конструктивні і радіопоглинальні характеристики.

#### Використана література

1. Павлов В. Ф. Применение поглотителей электромагнитных волн для снижения фона излучения зеркальных антенн / В. Ф. Павлов, С. И. Хоменко; Харьков: – Ин-т радиофиз. И электр.: АН УССР, 1990. – 35 с.
2. Аполлонский С. М. Справочник по расчету электромагнитных экранов / С. М. Аполлонский; Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.
3. Каден Г. Электромагнитные экраны / Каден Г.; М-Л.: Госэнергоиздат, 1957. – 327 с.
4. Лисачук Г. В. Использование железосодержащих промышленных отходов для керамических материалов, экранирующих ЭМИ / Г. В. Лисачук, Ю.Д. Трусов, Р.В. Кривобок // Міжнародна науково-технічна конференція «Енергозберігаючі технології. Застосування відходів промисловості в будівельних матеріалах та будівництві». – Київ: Пульсари. – 2004. – С. 77.
5. Сердюк В. Р. Бетон электропроводный металлонасыщенный: монография В. Р. Сердюк; Винница: Континент, 1993. – 239 с.
6. Сердюк В. Р. Пути использования дисперсных металлических шламов / В.Р. Сердюк, О. В. Христич, М. С. Лемешев // Міжнародна науково-практична конференція «Енергозберігаючі технології. Застосування відходів промисловості в будівельних матеріалах та будівництві». – Київ: Пульсари. – 2004. – С. 119-126.
7. Газобетон. Режим доступу: [http:// gazobetn.hmarka.net/](http://gazobetn.hmarka.net/).
8. ДСТУ Б В.2.7-45-96. Бетони м'яздрюваті. Технічні умови. Видання офіційне. – На заміну ГОСТ 25489; введ. 1996-10-03. – Київ: Держкоммістобудування України, 1997. – 21 с.

**Сердюк Василь Романович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Христич Олександр Володимирович** – к.т.н., доцент кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Постовий Павло Володимирович** – студент Вінницького національного технічного університету.

**Сердюк Василь Романович** – д.т.н., професор, заведуючий кафедрою менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Христич Олександр Володимирович** – к.т.н., доцент кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Постовой Павел Владимирович** – студент Вінницького національного технічного університету.

**Serduk Vasil** – Professor, Head of Department of Construction Management and Civil Defence Vinnytsia National Technical University.

**Khrystych Alexander** – Ph.D., docent of department of Construction Management and Civil Defence Vinnytsia National Technical University.

**Postovy Paul** – Student Vinnytsia National Technical University.

УДК 378.177

**ПІДХІД ДО НАПИСАННЯ ПІДРУЧНИКА «МЕТАЛОЗНАВСТВО ТА ЗВАРЮВАННЯ»  
З ВИКОРИСТАННЯМ КЕРІВНИХ ПРИНЦИПІВ МОДУЛЬНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ**

А. М. Власенко

**ПОДХОД К НАПИСАНИЮ УЧЕБНИКА «МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И СВАРКА»  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РУКОВОДЯЩИХ ПРИНЦИПОВ  
МОДУЛЬНОЙ МЕТОДОЛОГИИ**

А. М. Власенко

**APPROACH TO WRITING THE TEXTBOOK "PHYSICAL METALLURGY AND WELDING"  
USING GUIDELINES MODULE METHODOLOGY**

A. Vlasenko

*Викладений своєрідний підхід до написання технічного навчального посібника, в основу якого покладені концептуальні підходи та керівні принципи модульної методології. Наведені приклади будови навчальних елементів та рисунків.*

*Запропоновано логічну послідовність підходів до написання посібника, яка залишає за викладачем широкі методичні можливості для поглиблення викладеного матеріалу як за змістом, так і за формою.*

**Ключові слова:** посібник, навчальний модуль, навчальний елемент, методологія, викладання, лакунарний метод, модульний блок.

*Изложен своеобразный подход к написанию технического учебного пособия, в основу которого положены концептуальные подходы и руководящие принципы модульной методологии. Приведены примеры строения учебных элементов и рисунков.*

*Предложено логическую последовательность подходов к написанию пособия, которая оставляет за преподавателем широкие методические возможности для углубления изложенного материала как по содержанию, так и по форме.*

**Ключевые слова:** пособие, учебный модуль, учебный элемент, методология, преподавание, лакунарный метод, модульный блок.

*An original approach to creating a technical training material that is based on conceptual approaches and guiding principles of modular methodology is being outlined. Examples of structure of training elements and images are attached.*

*The logical sequence of approaches to writing guide that ample reserves teacher teaching opportunities for deepening the material both in content and in form.*

**Keywords:** manual, training module, training element, methodology, teaching, method lacunary, modular unit.

Посібник за своїм змістом відповідає навчальній програмі курсу “Металознавство і зварювання в будівництві” для студентів будівельних спеціальностей вищих навчальних закладів України III і IV рівнів акредитації. Посібник покликаний сформувані у майбутнього спеціаліста достатні знання з основ металознавства, технології їх виробництва, мати уявлення про сучасні способи виготовлення заготовок і готових виробів – металевих конструкцій та деталей з необхідними експлуатаційними характеристиками.

Навчальний посібник підготовлений з урахуванням багаторічного виробничого та педагогічного досвіду автора й специфіки модульного викладання. Автором використаний так

званий лакунарний метод, коли викладання матеріалу не є абсолютно точним, але відрізняється більшою наочністю. Це, на погляд автора, повинно сприяти кращому розумінню та засвоєнню основ технології металів і зварювання. Посібник складається з 4-х змістових блоків, 62 навчальних елементів та 900 рисунків і схем.

В основу посібника покладені концептуальні підходи та керівні принципи модульної методології Міжнародної організації праці (МОП) [4]. Відповідно до цієї методології навчальний матеріал для вивчення дисципліни зібраний у спеціальні дидактичні розділи, які отримали назву “змістові модулі” і “навчальні елементи” [2]. З методичного і педагогічного погляду це спеціально розроблені навчальні розділи, що включають текстовий та ілюстративний матеріал. Навчальний елемент вміщує нетрадиційно упорядковану текстову та ілюстративну інформацію стосовно однієї конкретної теми і містить у собі все те, що викладач розповів би та нарисував на дошці студентам на лекції для досягнення поставленої мети навчання.

Важливим компонентом модульної системи є модульний блок (змістові модулі) – логічно довершена і пристосована для самостійного засвоєння частина навчального плану. У назвах модульних блоків закладений зміст роботи, яка вивчається самостійно. Інакше кажучи, змістовий модуль – це свого роду специфікація направлена на вивчення певного розділу, яка складається із модульних блоків, зміст яких відображається назвами.

Модульний блок складається з навчальних елементів, які можна подати як навчальні брошури, що призначені для самостійного вивчення студентом дискретної частини навчального матеріалу, потрібного для їх засвоєння.

Зміст навчального матеріалу викладений короткими текстами (кроками), які в логічній послідовності розкривають суть потрібних студенту знань. У випадках, коли крок, так би мовити, подрібнюється, інформація записується після двокрапки з риски, у стовпець, з маленької літери.

Іншою мовою, навчальний елемент розроблений таким чином, щоб студенти при переході на дистанційне навчання могли самостійно вчитись власним темпом. Щоб досягти цього, тексти і ілюстрації навчальних елементів виконані таким чином, щоб складати собою повну й правильну послідовність ілюстрованої інформації. Кроки навчального елемента розташовуються в логічній послідовності – «крок за кроком» пронумеровані наскрізною нумерацією від першого до останнього.

При розробці навчального елемента враховувалось те, що не лише зміст тексту і якість рисунка мають значення. На одній сторінці розміщується не більше 4-5 кроків – в залежності від обсягу навчального матеріалу в них, до того ж відстань між кроками 10...12 мм. Матеріал розміщений досить вільно, але в розумних межах. При цьому бажано, щоб рисунок і текст були розташовані на одній сторінці.

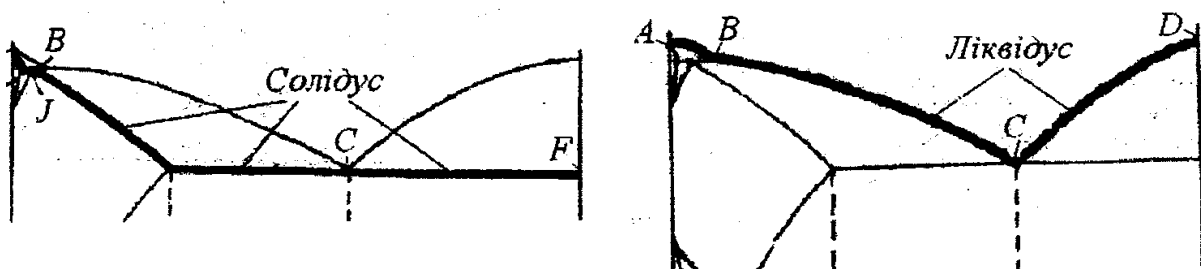


Рис. 1. Рисунок навчального кроку, коли деталь виділяється товстими лініями

Стосовно текстів навчального елемента, треба знати що вони повинні бути лаконічними (не містити в собі зайвих слів). Для наочності і кращого розуміння тексти кроків доповнені рисунками, які дають повну уяву про те, що йдеться в тексті. Бажано, щоб кожний текст кроку супроводжувався рисунком, який дав би змогу проілюструвати описану інформацію. Деталь рисунка, на яку звертається особлива увага, може бути виділена більш товстими лініями, як показано на рисунку 1. Для збільшення частини деталі може бути застосована виноска як це видно з рис. 2. (Краще один раз побачити, ніж сто раз почути).[3]



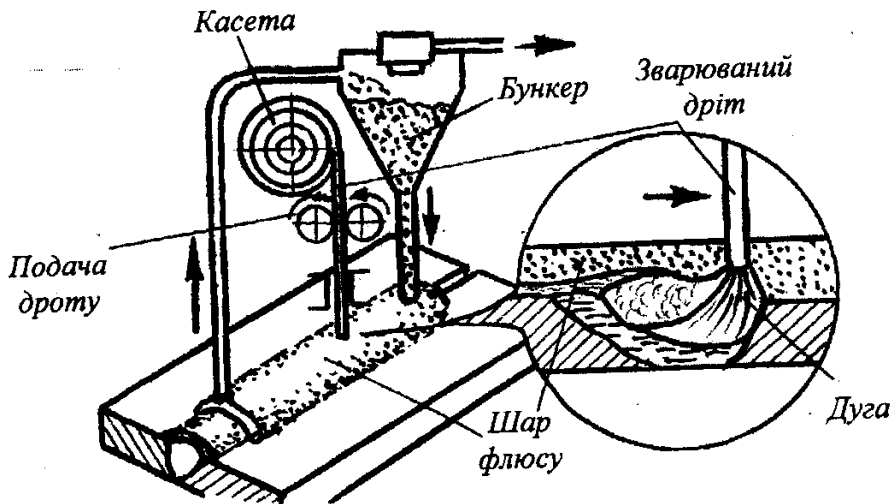


Рис. 2. Малюнок до кроку, коли потрібно щось показати збільшеним

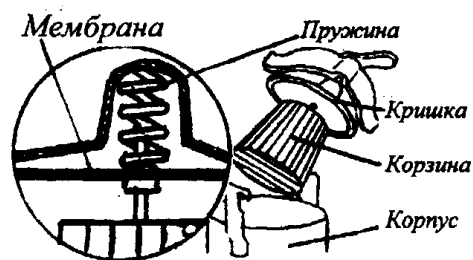
Щоб більш доступно роз'яснити суть рисунка (схеми) на виносках елементів чи деталей бажано підписуватися словами як показано на рисунку 3, а не цифрами, які потім розшуковуються в тексті.

Розташування текстів і рисунків на сторінці навчального елемента може бути різним, залежно від кількості, обсягу та розмірів останніх. Кількість кроків, надрукованих на сторінці, може бути різною, але відстань від одного кроку до іншого повинна бути достатньою.

Цілі навчального елемента сформульовані коротко, точно і визначають суть навчання. Це своєрідний схематичний план змісту навчального елемента. Від повноти поставлених цілей залежить правильний розподіл навчального матеріалу на кроки та побудова контрольних запитань самоперевірки вивченого.[4]

Кожний навчальний елемент закінчується контрольними запитаннями, а кожен модульний блок – тестами, які є важливою і необхідною частиною модульної системи і точно відповідають поставленим цілям.

3. Між корпусом і кришкою знаходиться мембрана зверху якої закріплена пружина, а знизу – корзина для карбіду кальцію.



Тест до навчального елемента у вигляді практичних завдань або контрольних запитань полягає у визначенні досягнутого рівня якості набутих знань, умінь, навичок відповідно до мети навчального елемента після завершення роботи над ним.

Тест до модульного блока полягає у проміжному кваліфікаційному іспиті (запитання для тестувань та тести дії) і являє собою перевірку рівня якості засвоєння знань в межах модульного блока з урахуванням норм часу. Такий тест включає перевірку рівня якості знань, умінь та набутих навичок відносно даної частини роботи.

Дотримуючись запропонованої логічної послідовності подібних підходів до написання посібника, залишає за викладачем широкі методичні можливості для поглиблення викладеного як за змістом, так і за формою.

### **Висновки**

Вивчення курсу «Металознавства і зварювання в будівництві» за модульною системою дасть можливість:

- зручніше і якісніше викладачу готуватись до лекції;
- готувати перелік практичних задач, які повинен уміти виконувати студент, що відповідають цілями навчального елемента;
- по-новому розробляти і організовувати індивідуальні самостійні навчання студентів;
- після кожного модульного блоку виконувати тести, що засвідчують здатність студента знати теми відповідні до навчальної програми;
- відповідати на контрольні запитання в кінці навчального елемента;
- контролювати рівень здобутих знань, умінь та навичок в процесі всього періоду навчання із засвоєнням навчальних елементів та модульних блоків.

### **Використана література**

1. Власенко А. М. Технологія металів та зварювання. Модульний курс: навчальний посібник / А. М. Власенко. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 250 с.
2. Власенко А. М. Освіта впродовж життя – шлях до успіху / А. М. Власенко, Н. О. Андрущенко // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми.– 2012. – № 30.
3. Власенко А. М. Основи металознавства. Модульний курс: навчальний посібник / А. М. Власенко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 108 с.
4. Модульна система професійного навчання: концепція, методика, особливості впровадження: Навчально-методичний посібник / В. С. Плохій, А. В. Казановський. – Видавничий центр КТ «Київська нотна фабрика», 2000. – 284 с.

***Власенко Анатолій Миколайович*** – к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

***Власенко Анатолій Николаевич*** – к.т.н., доцент кафедри теплогазоснабження Вінницького національного технічного університету.

***Vlasenko Anatoly*** – Ph.D., docent of department of Gas Supply Vinnytsia National Technical University.

УДК 666.952.2

**ЗОЛА-ВИНОС ЯК ВАЖЛИВИЙ СИРОВИННИЙ РЕСУРС ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА  
НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ**

В. Р. Сердюк, Б. І. Августович

**ЗОЛА-ВЫНОС КАК ВАЖНЫЙ СЫРЬЕВОЙ РЕСУРС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ**

В. Р. Сердюк, Б. И. Августович

**FLY ASH TAKEAWAYS HOW IMPORTANT RAW RESOURCES  
TO PRODUCE CELLULAR CONCRETE**

V. Serduk, B. Avgustovich

*Наведено результати статистичних досліджень використання техногенних відходів промисловості в контексті виробництва енергоефективних ніздрюватих бетонів. Розглянуто підходи до вирішення проблем утилізації техногенних відходів ТЕС. Вивчено доцільність використання стінових матеріалів з ніздрюватих бетонів як таких, що не потребують додаткового утеплення. Обґрунтована економічна ефективність використання золи-виносу в технології виробництва енергоефективних ніздрюватих бетонів. Проведений порівняльний аналіз виробництва ніздрюватих бетонів в Україні та пострадянських країнах. Встановлено вплив фізико-хімічного складу золи як в'язучого при виробництві ніздрюватих бетонів. Наведено основні характеристики сучасного газозолобетону.*

**Ключові слова:** статистичні дослідження, техногенні відходи, виробництво бетонів, ніздрюватий бетон, енергоефективна технологія, стіновий матеріал, зола-винос, газозолобетон.

*Приведены результаты статистических исследований использования техногенных отходов промышленности в контексте производства энергоэффективных ячеистых бетонов. Рассмотрены подходы к решению проблем утилизации техногенных отходов ТЭС. Изучена целесообразность использования стеновых материалов из ячеистых бетонов как таковых, которые не требуют дополнительного утепления. Обоснована экономическая эффективность использования золы-выноса в технологии производства энергоэффективных ячеистых бетонов. Проведенный сравнительный анализ производства ячеистых бетонов в Украине и постсоветских странах. Установлено влияние физико-химического состава золы в качестве вяжущего при производстве ячеистых бетонов. Приведены основные характеристики современного газозолобетона.*

**Ключевые слова:** статистические исследования, техногенные отходы, производство бетонов, ячеистый бетон, энергоэффективная технология, стеновой материал, зола-вынос, газозолобетон.

*The results of statistical studies using man-made waste industry in the context of the production of energy efficient cellular concrete. The approaches to solving the problems of man-made waste disposal TPP. Studied the feasibility of using wall materials with cellular concrete as those that do not require additional insulation. The economic efficiency of fly ash removal in technology of energy efficient cellular concrete. A comparative analysis of the production of cellular concrete in Ukraine and former Soviet countries. The influence of physical and chemical composition of fly ash as a binder in the production of cellular concrete. The basic characteristics of modern gas-ash-concrete.*

**Keywords:** statistical studies, industrial waste, production of concrete, porous concrete, energy efficient technology, wall material, ash-removal, gas-ash-concrete.

**Вступ.** Будівництво неможливе без створення нових ефективних будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів промисловості, малоенергоємних і екологічно чистих

виробництв. Частка сировини в собівартості продукції промисловості будівельних матеріалів досягає 50 % і більше. Зниження витрат на виробництво матеріалів пов'язано з широким залученням відходів інших галузей промисловості, що дозволяє досягти істотної економії природної сировини та поліпшити екологічну обстановку в регіонах накопичення техногенних відходів.

Використання промислових відходів, багато з яких за своїм складом і властивостями близькі до природного сировини, дозволяє покрити до 40 % потреби будівництва в сировинних ресурсах, на 10-30 % зменшити витрати на виготовлення будівельних матеріалів порівняно з їх виробництвом з природної сировини.

За показниками відносних обсягів будівництва житла на одну особу в рік Україна в 3-4 рази відстає від Білорусії, Росії, Казахстану і 8-10 раз від розвинених країн [1]. Зростання обсягів будівництва житла та питомої ваги малоповерхового індивідуального житла потребує відповідного зростання обсягів виробництва стінових будівельних матеріалів. В розвинених країнах питома вага ніздрюватих бетонів в загальному обсязі стінових матеріалів перевищує 50 % (Німеччина, Франція, Швеція, Фінляндія), таких же показників досягли і постсоціалістичні Польща, Білорусія і Естонія [2], а Білорусія планує в 2015 році вийти на рівень 95 %.

У зв'язку з суттєвим підвищенням вимог до термічного опору огорожуючих конструкцій єдиним стіновим матеріалом, який не потребує додаткового утеплення стін, є ніздрюватий бетон. З 1 липня 2013 року в Україні введені в дію Зміни до ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» в яких передбачено зміна карти-схеми температурних зон України та підвищено мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків. Вирішення проблеми енергозбереження за рахунок розвитку виробництва і використання ніздрюватого бетону, як ефективного конструкційно-теплоізоляційного матеріалу є важливою проблемою не тільки для України, але і багатих на енергоносії Росії і Казахстану.

Залучення техногенних відходів промисловості в технологію виробництва будівельних матеріалів, і насамперед ніздрюватого бетону, забезпечує одночасно економію сировинних і енергетичних ресурсів на стадії виробництва матеріалів, покращує екологічний стан довкілля, забезпечує економію енергетичних ресурсів на стадії утримання та експлуатації будинків. Доречно зауважити, що на утримання житлового фонду в Україні витрачається 30-40 % всіх енергоносіїв, які споживаються в країні.

Зменшення обсягів використання природного газу в Україні неминуче приведе до зростання обсягів використання кам'яного вугілля. Саме тому особливо важлива роль відводиться використанню золи-виносу, та золошлакових відходів, які утворюються при спалюванні вугілля в технології виробництва будівельних матеріалів.

**Задачі досліджень.** Оцінювання сучасних підходів до зростання обсягів використання золи-виносу в технології виробництва ніздрюватих бетонів.

**Вирішення науково-дослідних завдань.** В наш час у всьому світі вугільна енергетика розвивається бурхливими темпами, набагато випереджаючи нафтову, газову і тим більше атомну. На вугільних теплових електричних станціях (ТЕС) в світі виробляється близько 40 % загального обсягу електроенергії, в США, Німеччині та деяких інших країнах - близько 70 %, в Китаї, Індії – більше 70 %, Австралії – понад 70 %.

Рівень утилізації золи в пострадянських країнах становив 4-5 %, в розвинених країнах – більше 50 %, у Франції, Німеччині – 70 %, в Фінляндії – біля 90 % їх текучого виходу. В основному використовуються сухі золи, розвинені країни на державному рівні стимулювали їх використання. Так в Польщі підвищена ціна під золовідвали, тому ТЕС доплачують споживачам золи з метою зменшення затрат на їх складування та упримання. В Китаї золи доставляються споживачам безкоштовно, в Болгарії сама зола безкоштовна, в Великобританії діє п'ять регіональних центрів із збуту золи [3].

Застосування золи і шлаку ТЕС в якості сировини для виробництва будівельних матеріалів давно отримало наукове обґрунтування та практичне підтверджується. Ще в часи існування СРСР були визначені раціональні області використання золи і шлаку ТЕС, розроблені прогресивні технологічні прийоми і процеси виробництва будівельних матеріалів з використанням золи-виносу і шлаку, розроблені нормативні документи, технологічні регламенти (рис. 1).

Дослідженням золошлакових відходів в технології виробництва ніздрюватих бетонів в 60-

70 роки займались радянські науковці Волженський А. В., Боженів П. І., Баранов А.Т., Розенфельд А. А., Галібіна О. А. та інші. Дослідження [4-9] показали високу ефективність використання зол.

Зола-винос це незгораючий залишок із зернами менше 0,16 мм, який утворюється з мінеральної складової кам'яного вугілля при його спалюванні і осаджується з димових газів на фільтрах зололовушках теплових станцій. В залежності від виду палива зола може бути кам'яновугільною, антрацитовою, буровугільною, сланцевою та інш. Відповідно до узагальнених даних оптимальний вміст золи ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), становить для бетону, що пропарується, близько 150 кг, бетонів нормального твердження – 100 кг. Згідно з відомими рекомендаціями застосування 150 кг золи-виносу на  $1 \text{ м}^3$  важкого бетону класів В7,5-В30 дозволяє заощадити 40-80 кг цементу, при тепловій обробці можна економити до 25 % цементу.

В районах, де відчувається дефіцит в природних заповнювачах для важкого бетону, важливим напрямком є використання золошлакової суміші замість крупного і дрібного заповнювача. На переважній більшості теплових електричних станцій України передбачено мокре видалення золи-виносу і золошлаків у відвали.

Дослідження, які проводились тривалий час у ВНТУ, щодо використання золошлаків Ладизинської ТЕС в технології будівельних матеріалів висвітлює ряд «скритих» проблем, пов'язаних саме з видаленням цих відходів. Довжина гідротранспортування золошлакової суміші становить 10 км і більше, а використана вода має повертатись для повторного використання, але це потребує додаткових затрат.

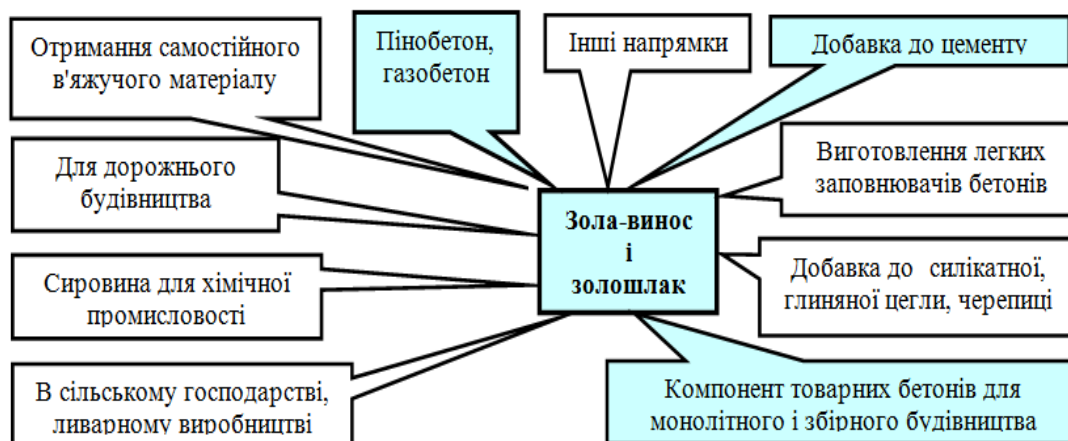


Рис. 1. Напрямки використання золи-виносу і золошлакових відходів

При транспортуванні золошлакова суміш виконую функцію абразиву, що приводить до «протирання» металевих труб і підтоплення сільськогосподарських угідь. Виникає необхідність періодичного повертання окремих ділянок трубопроводу для забезпечення рівномірного їх «протирання». Крім того, дослідження показали, що розробка екскаватором золошлакових відходів з відвалу Ладизинської ТЕС та їх погрузка в транспортні засоби для наступного їх використання на заводах бетонних виробів свідчить про значне розшарування цієї суміші при її складуванні. Золошлакові суміші із золовідвалу характеризуються мінливою гранулометриєю та потребують корекції.

Золошлакова суміш для важкого і легкого бетонів має відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-211:2009. «Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови». З набранням чинності ДСТУ, втратив чинність на території України ГОСТ 25592-91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия».

Найбільше поширення отримала суха зола-винос, яка відпускається споживачам для використання як добавка до цементу, керамзиту, глиняної та силікатної цегли, та інших цілей. Вимоги до золи як компонента цементу наведені в ДСТУ Б В.2.7-128:2006 і зводяться в основному до обмежень щодо втрат при прожарюванні (<5 %) та за вмістом вільного  $\text{CaO}$  (<2,5 %) і лужних оксидів (<3%).

На сьогодні в Україні набуло неконтрольованих масштабів використання золи-виносу при таруванні цементу, що наносить шкоду споживачу і виробникам цементу. За даними Української

асоціації підприємств і організацій цементної промисловості «Укрцемент» продажі фальсифікованого цементу становлять близько 26 %, Мінрегіонбуд називає цифру 10-15 %, окремі експерти озвучують цифру фальсифікату цементу до 50 % від загального об'єму його продажу. Посередницькі фірми закупають пакетувальне обладнання та цемент за оптовими цінами, пакують його в зручні 25 кг мішки та продають в найзручніших для забудовника місцях. При цьому вартість такого цементу зростає майже в 2 рази. З мовчазної згоди Мінрегіонбуду не створено жодних дієвих механізмів захисту споживача українського цементу від фальсифіката.

Основним споживачем цементу є малі фірми та індивідуальні забудовники, для яких існує складність оцінювання марочності цементу. При фасуванні цементу до його складу вводяться неконтрольовані та не перевірені в лабораторних умовах добавки золи, мінеральних порошоків для виробництва асфальтобетону, старого коткованого і заново розмеленого цементу.

Пріоритетним перспективним напрямком для промисловості будівельних матеріалів України є залучення у виробництво газобетону золи-виносу, обсяги якої будуть і далі зростати у зв'язку зі скороченням експорту природного газу та збільшенням питомої ваги вугілля в енергетичному секторі.

### Ніздрюваті золобетони

Обсяги виробництва ніздрюватих бетонів будуть все більше зростати, адже з підвищенням вимог до термічного опору огорожуючих конструкцій стін цей бетон на сьогодні залишається єдиним будівельним матеріалом з якого можуть бути виготовлені одношарові стіни, які не потребують додаткового утеплення.

Аморфні продукти термічної обробки зольної частинки, як правило, не мають гідравлічної активності. Продукти термічної обробки кристалічних алюмосилікатів, дегідратованої глинистої речовини типу метакаоліну, зберігаючи часткову упорядкованість кристалічної решітки, аморфних  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , алюмосилікатного скла забезпечують високу пуцоланову активність при наявності добавок цементу, вапна. Густина золи – виносу від спалювання різних видів палива коливається в межах від 1800 до 2400  $\text{кг}/\text{м}^3$ , середня густина частинок в різних пробах коливається – від 2140 до 2200  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; середня пористість золи складає 4,8-7,4 %; насипна густина від 600 до 1100  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Висококальцієві (високоосновні) золи Прибалтійських, Приволзьких сланців і золи Кансько-Ачинського бурого вугілля мають самостійні в'язучі властивості через присутність в їх складі по суті клінкерних мінералів,  $\text{CaO}$ , гіпсу, і можуть використовуватися як заміна частини цементу в піно- та газобетоні.

При спалюванні низькокалорійних горючих сланців (Естонія) утворюється велика кількість високоосновних зол. В високоосновній золі міститься не менше 30 %  $\text{CaO}$  (в тому числі вільного  $\text{CaO}$  15-25 %), що дає змогу використовувати цю золу як в'язуче при виробництві ніздрюватих бетонів автоклавного тверднення. Протягом доби утилізується біля 120 тонн золи. Підприємство «Silbet» випускає до 60 тис. куб. м дрібних стінових блоків зі сланцево-зольного ніздрюватого бетону, в якому міститься сланцева зола домелена з кварцевим піском і кварцевий пісок [10].

Наявність у складі золи силікатів і алюмінатів кальцію і вільних оксидів кремнезему і глинозему з високим ступенем дефектності кристалічної решітки, обумовлюють активність золи, тобто здатність при затворенні водою взаємодіяти з гідроксидом кальцію з утворенням гідросилікатів, гідроалюмінатів і гідросилікатоалюмінатів кальцію різного складу. Особливо різко зростає активність золи при тепловологісній обробці. Переваги використання золи-виносу в технології виробництва ніздрюватих бетонів наведені на рис. 2.

Автоклавний і неавтоклавний газобетон на відходах виробництва, безцементний або малоцементний (не більше 100  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) може конкурувати з таким ефективним теплоізоляційним матеріалом, як мінеральна вата, є значно ефективнішим матеріалом для малоповерхового та каркасного будівництва житла ніж цегла. Його густина становить від 200 до 1200  $\text{кг}/\text{м}^3$ , а максимальна міцність перевищує 20 МПа.

Статистичні дані свідчать, що в Росії обсяги виробництва автоклавного і безавтоклавного газобетону приблизно однакові. Проте в останні роки в Росії, як і в Україні, побудовані нові заводи із виробництва автоклавного газобетону на імпортному обладнанні. Основні характеристики сучасного газозолобетону наведені в табл. 1.



Рис. 2. Основні позитивні фактори використання золи-виносу в технології виробництва ніздрюватих бетонів

Таблиця 1

**Основні характеристики сучасного газозобетону**

Показник	Густина, кг/м <sup>3</sup>		
	400	500	600
Клас міцності	B2,5	B3,5	B5,0
Марка морозостійкості	>F50	F100	F100
Теплопровідність, Вт/м <sup>0</sup> ·С	0,08	0,1	0,13
Усадка при висиханні, мм/м	0,59	0,56	0,57
Паропроникність, мг/(м·Г·Па)	0,25	0,2	0,18

Номенклатура газобетонних виробів автоклавного тверднення достатньо широка. Це і елементи теплоізоляції, великі і малі стінові блоки, панелі, плити покриттів і перекриттів. В принципі можливий ще один вид номенклатури – найбільш повнозбірні індивідуальні будинки [11]. Економія цементу при виробництві ніздрюватих бетонів автоклавного і неавтоклавного ніздрюватого бетону досягається введенням золи-виносу замість частини цементу, або використання вапняно-зольних або зололужних в'язучих, а також шлакових в'язучих композицій, для одержання яких використовуються побічні продукти металургійної та хімічної промисловості [13-17].

На сьогодні наукові дослідження зосереджені на підвищенні значення коефіцієнта конструктивної якості ніздрюватого бетону та зменшення його щільності до 100-200 кг/м<sup>3</sup> і заміни ним пінополістиролу при утепленні фасадів через горючість пінополістиролу. Для цього використовуються хімічні і мінеральні добавки, різноманітні методи механічної, хімічної активації компонентів ніздрюватого бетону, вібраційна та ударна технології формування газобетонної суміші [18-20].

Крім того, вдосконалюються технології спалювання вугілля. В останні роки для покращення екології в розвинених країнах використовуються «чисті» технології спалювання вугілля і найбільш перспективним є флюїдальне спалювання палива. Технологія горіння тонкоподрібненого вугілля разом з вапняком, діючим як асорбент діоксину сірки, проходить при температурі 850 °С. Діоксид сірки в процесі горіння реагує з введеним сорбентом і в додатковій очистці газу не виникає проблеми. Впровадження таких технологій спалювання дозволяє додатково отримати і мінеральне в'язуче. За запасами вугілля Україна займає 6 місце в світі і їх

вистачить приблизно на 400 років.

На кінець 2012 року виробництво ніздрюватого бетону на 1 тис. жителів України зросло до 45-50 м<sup>3</sup>, Росії – до 100 (50 м<sup>3</sup> автоклавного і 50 м<sup>3</sup> неавтоклавного), Білорусі – 300 м<sup>3</sup>, в європейських країнах виробляється 200 м<sup>3</sup> і більше. Найбільшим європейським виробником ніздрюватих бетонів є Польща, яка виробляє щорічно 4,3-5 млн. м<sup>3</sup> автоклавного газобетону, але маючи 31 завод загальною потужністю 7,0 млн. м<sup>3</sup>, може швидко відреагувати на потреби внутрішнього і зовнішнього ринків. Досить тривалий час вона залишалась основним експортером газобетону в Росію і Україну.

#### Висновки

- зола-винос є важливим сировинним компонентом для виробництва енергоефективних ніздрюватих бетонів. Сучасні тенденції розвитку електроенергетики України та світові тенденції країн Європейського Союзу щодо обмеження використання атомної енергетики приведуть до зростання обсягів золошлакових відходів;
- залучення техногенних відходів ТЕС в технологію виробництва ніздрюватого бетону, забезпечує одночасно економію сировинних і енергетичних ресурсів на стадії виробництва матеріалів, покращує екологічний стан довкілля, забезпечує економію енергетичних ресурсів на стадії утримання та експлуатації будинків;
- ніздрюваті бетони різної щільності дозволяють одержати оптимальну за теплоопором і ціною, довговічну та безпечну конструкцію стіни. Зростання виробництва ніздрюватих бетонів дозволить наблизити відносні обсяги будівництва житла до європейських стандартів та скороти енергоспоживання житловим фондом.

#### Використана література

1. Рудченко Д. Г. Строительство жилья в Украине в контексте увеличения производства ячеистого бетона / Д. Г. Рудченко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Наук.техн. збірник . Випуск 41. – 2011. – С. 46-54.
2. Кухленко О. В. Промисловість будівельних матеріалів як складова проблеми доступності житла / О. В. Кухленко, Ю. М. Червяков // Строительные материалы и изделия. № 5-6. – 2009. – С. 4-7.
3. Путилин Е. И. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ЕЭС / Е. И. Путилин, В. С. Цветков // СоюзДорНИИ. М. – 2003. – 60 с.
4. Баранов А. Т. Золобетон / А. Т. Баранов, Г. А. Бужевич – М.: 1960. – 224 с.
5. Волженский А. В. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов / А. В. Волженский, И. А. Иванов, А. А. Виноградов – М.: Стройиздат. 1984. – 256 с.
6. Розенфельд Л. М. Автоклавный безцементный газшлакобетон / Л. М. Розенфельд, А. Г. Нейман – М.: изд. Лит-ры по стр-ву. – 1968. – 186 с.
7. Галибина Е. А. Автоклавные строительные материалы из побочных отходов ТЭЦ / Е. А. Галибина – Л.: Стройиздат. 1986. – 128 с.
8. Голдштейн Л. Я. Использование топливных зол и шлаков при производстве цемента / Л. Я. Голдштейн, Н. П. Штейерт – Л.: Стройиздат, 1977. – 152 с.
9. Сергеев А. М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности / А. М. Сергеев. – К.: Будівельник. 1984. – 120 с.
10. Производство сланцезольного газобетона а АО «Силбет» / Н. Я. Киселева // Строительные материалы и изделия. – 2004. – № 5. – С. 28-31.
11. Сай В. Розвиток виробництва ніздрюватобетонних виробів – складова енергетичної незалежності держави / В. І. Сай // Будівельні матеріали та виробы. – 2006. – № 4. – С. 12 .
12. Опекунов В. В. Эффективное применение пористых бетонов / В. В. Опекунов // Строительные материалы. – 2005. – № 12. – С. 13-16.
13. Вишневский А. А. Специфика производства и применения автоклавного газобетона на кислой золе-уносе / А. А. Вишневский, В. Н. Левченко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Наук.техн. збірник . Випуск 32. – 2009. – С. 12-16.
14. Вишневский А. А. Эксплуатационные свойства современного автоклавного газозолобетона.



- Сб. тр. II Всероссийской НТК «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий. 10.11.2009. Санкт-Петербург. – С.19-25.
15. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 363 с.
16. Овчаренко Г. И. Анализ продуктов гидратации зол углей КАТЭЖа методами ДТА и ДСК / Г. И. Овчаренко, Ю. В. Щукина, Е. Ю. Хижинкова // Ползуновский вестник. – 2006. – № 2. – С. 210-212.
17. Панибратов Ю. П. К вопросу применения зол ТЭС в бетонах / Ю. П. Панибратов, В. Д. Староверов // Технологии бетонов. 2011. № 1-2. – С. 43-47.
18. Запоточна-Сытэк Геновефа, Ласкавец К., Гембаровски П., Малолепши Я. Нестандартная летучая зола, применяемая для производства автоклавного ячеистого бетона. Наук.техн. збірник . Випуск 32. – 2009 р. – С. 40-49.
19. Сердюк В. Р. Пінобетон з хімічно активованою золою-винос / В. Р. Сердюк, П. С. Боднар // Вісник ВПІ. – 2005. – № 4. – С. 9-12.
20. Кривенко П. В. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков: [Монография] / Кривенко П. В., Пушкарева Е. К, Гоц В. И., Ковальчук Г. Ю. – Киев: издательство ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258 с.

**Сердюк Василь Романович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Августович Богдан Іванович** – аспірант кафедри Менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету

**Сердюк Василий Романович** – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета.

**Августович Богдан Иванович** – аспирант кафедры менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета

**Serduk Vasil** – Professor, Head of Department of Construction Management and Civil Defence Vinnytsia National Technical University.

**Avgustovich Bogdan** – PhD student of the Department of Construction Management and Civil Defence Vinnytsia National Technical University