

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 високо частотних 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.

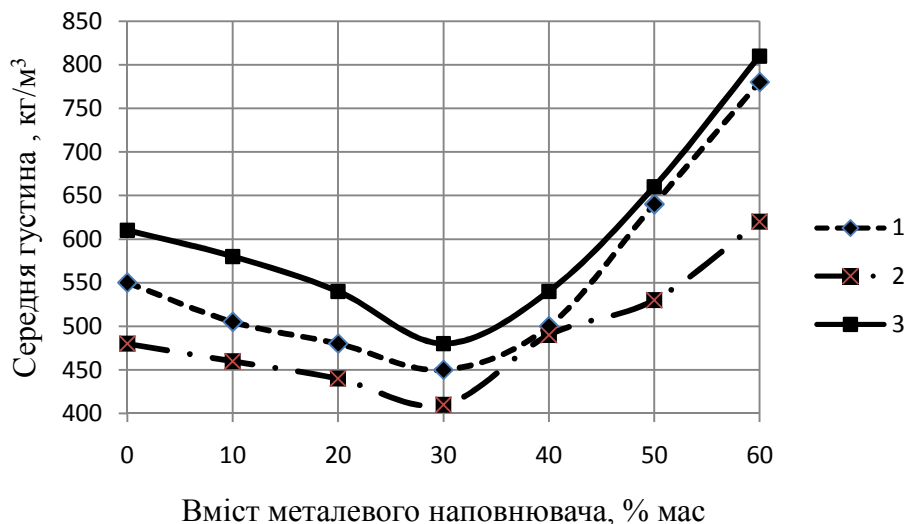


Рис. 1. Вплив вмісту металевго порошку на середню густину зразків ніздрюватого бетону з різними заповнювачами: 1 – кварцовий пісок; 2 – зола-виносу; 3 – гранітний відсів

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 гідrataції мінерального в'язучого. За результатами ДТА зразків з вмістом металевого 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.

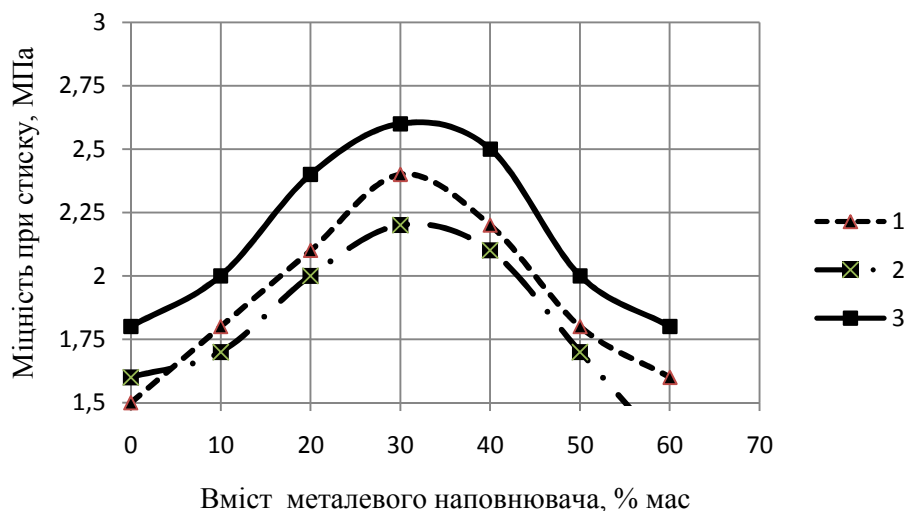


Рис. 2. Вплив вмісту металевого порошку на середні значення міцності при стику зразків ніздрюватого бетону з різними заповнювачами: 1 – кварцовий пісок; 2 – зола-винос; 3 – гранітний відсів

Збільшення вмісту металевого 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 металевого 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 металевого 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.

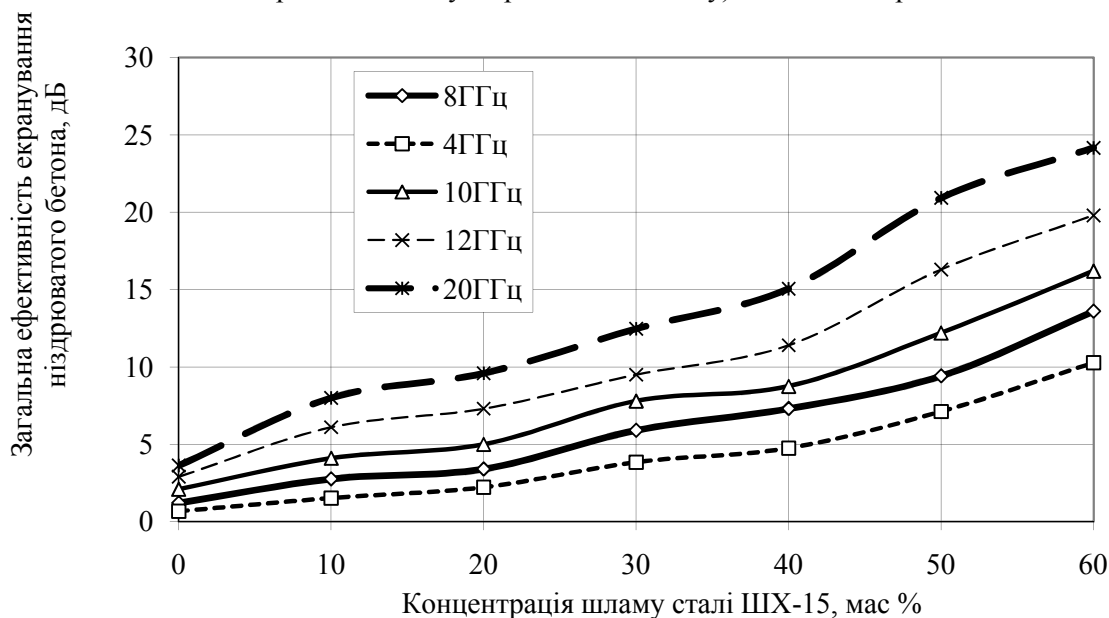


Рис. 3. Вплив вмісту металевого наповнювача у складі зразків ніздрюватого бетону на величину коефіцієнта загальної ефективності екранування ЕМВ

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 металевого наповнювача у складі формувальних сумішей композиційного матеріалу забезпечує набування 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, 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.

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.