

АНОТАЦІЯ

Сидор Н.І. Високоміцні бетони з підвищеною ударною в'язкістю для промислових підлог. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192. Будівництво та цивільна інженерія (19 – Архітектура та будівництво). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню завдання одержання високоміцних бетонів з підвищеною ударною в'язкістю для промислових підлог шляхом системного модифікування портландцементу полідисперсними мінеральними компонентами у поєднанні з високоефективними полікарбосилатними суперпластифікаторами для покращення їх мікро- та мезоструктури, а також армування дисперсними поліпропіленовими волокнами, що забезпечує тривимірне зміцнення структури для контролю процесу тріщиноутворення та акумулювання енергії динамічних впливів.

У *першому розділі* на основі аналітичного огляду літературних джерел проаналізовано сучасні тенденції влаштування промислових підлог з позицій забезпечення їх довговічності та надійності роботи в екстремальних умовах експлуатації. Показано, що підвищення терміну ефективного використання бетонних основ та забезпечення ресурсозбереження при їх виготовленні пов'язані з впровадженням у їх конструкцію високоміцних бетонів.

Розглянуто та проаналізовано сучасні тенденції отримання бетонів з регламентованими експлуатаційними показниками. Показано, що забезпечення високих показників міцності може бути реалізоване за рахунок оптимізації гранулометричного складу основних компонентів сумішей із забезпеченням щільного упакування. Обґрунтовано застосування активних мінеральних добавок, в т.ч. нанометричної дисперсності, та суперпластифікаторів полікарбосилатного типу в напрямку одержання цементуючої матриці довговічних високоміцних бетонів. Звернуто увагу, що впровадження високоміцних бетонів супроводжується проблемою підвищення їх крихкості, зниження тріщиностійкості та стійкості до ударних навантажень.

Розглянуто особливості впливу ударних навантажень та проаналізовано методи підвищення стійкості бетонів у таких умовах.

Аналіз даних у області технології високоміцних бетонів, а також відомих закономірностей формування структури композитів із заданими властивостями дозволяє висунути наукову гіпотезу про доцільність розроблення високоміцних бетонів з підвищеною ударною в'язкістю за рахунок модифікування органо-мінеральними добавками з оптимізованим заповненням системи та армування низькомодульними дисперсними волокнами із забезпеченням направленої структуроутворення цементної матриці з формуванням однорідної дрібнокристалічної малodefектної структури бетону, тривимірного зміцнення поліпропіленовою фіброю, що зумовлює зміну умов і енергетики тріщиноутворення.

У *другому розділі* описано методику проведення експериментальних досліджень та охарактеризовано використані матеріали. Представлено фізико-механічні властивості та гранулометричний склади портландцементу ПЦ І-500Р-Н. Наведено характеристику та хімічний склад мінеральних добавок, зокрема золи-винесення, метакаоліну, мікрокремнезему та аеросилу А380, а також суперпластифікатора полікарбонатного типу. Надано характеристику дрібних та крупного заповнювачів до бетону. Проведено порівняння властивостей дисперсної арматури – поліпропіленової та базальтової. Показано, що визначення технологічних, фізико-механічних і будівельно-технічних властивостей високоміцних дисперсно-армованих інженерних цементуючих композитів та бетонів проведено згідно з діючими нормативними документами і загальноприйнятими методиками. Для дослідження процесів структуроутворення в модифікованих портландцементних матрицях високоміцних дисперсно-армованих композитів використано сучасні методи фізико-хімічного аналізу (рентгенівську дифрактометрію, растрову електронну мікроскопію та ін.).

У *третьому розділі* досліджено вплив мінеральних добавок, суперпластифікатора, дисперсної фібри на властивості портландцементних систем, розроблено склади інженерних цементуючих композитів. Встановлено,

що введення високодисперсних мінеральних добавок ($S_{\text{шт}} \geq 1000 \text{ м}^2/\text{кг}$) забезпечує підвищення водоутримувальної здатності, зростання сидементаційної стійкості та зниження деформацій усадки в повітряно-сухих умовах тверднення. Дослідженнями пуцоланових властивостей мінеральних добавок за методикою згідно з EN-450 встановлено, що їх активність підвищується із зростанням питомої поверхні. Так, активність золи-винесення за показниками міцності на стиск становить $K_{\text{пуц28}^{\text{CT}}}=0,79$, тоді як для метакаоліну та мікрокремнезему – 0,92 та 1,07 відповідно. За показниками міцності на згин коефіцієнт пуцолановості становить $K_{\text{пуц28}^{\text{ЗГ}}}=0,80; 0,88; 0,89$ відповідно для золи-винесення, метакаоліну та мікрокремнезему.

Методом математичного планування експерименту з врахуванням принципів мікромеханіки визначено оптимальне співвідношення цемент:зола-винесення:пісок=0,8:1,2:1 з метою отримання максимальної міцності на розтяг при згині. Показано, що часткова заміна золи-винесення ультрадисперсними мінеральними добавками з підвищеною поверхневою енергією у складі в'язучої системи, використання полікарбосилатного суперпластифікатора, а також армування структури інженерних композитів дисперсними поліпропіленовими волокнами в оптимальній кількості сприяють підвищенню міцності на стиск на 25–28 %, на згин – на 20–22 % порівняно з композитами на основі бінарної в'язучої системи портландцемент:зола-винесення. Розроблені дисперсно-армовані інженерні цементуючі композити характеризуються проектною міцністю на стиск 83,3 МПа, міцністю на розтяг при згині – 23,7 МПа, критичним коефіцієнтом інтенсивності напружень при нерівноважних випробуваннях $1,58 \text{ МПа}/\text{м}^{0,5}$, деформаціями усадки 0,14 мм/м.

Дослідженнями впливу технологічних факторів на ударну в'язкість цементної матриці показано, що ударна в'язкість зростає на 8,5–12,9 % при введенні мінеральних добавок. Експериментально підтверджено, що при використанні дисперсної фібри відбувається суттєве зростання ударної міцності портландцементних систем в 8–10 раз, при цьому значення ударної міцності зразків з поліпропіленовою фіброю вищі на 12,7–30,4 % порівняно із зразками, армованими базальтовою фіброю.

Комплексом методів фізико-хімічного аналізу встановлено особливості процесів структуроутворення, формування мікроструктури та синтезу міцності цементного каменю на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-мінеральною добавкою. Ступінь гідратації алітової фази клінкерної складової портландцементу ПЦ І-500 через 1 добу тверднення складає 37,1 %, а для модифікованого портландцементу – 46,1 %. Модифікування ультра- та нанодисперсними мінеральними добавками сприяє прискоренню процесів гідролізу алітової фази з відповідним ущільненням мікроструктури цементного каменю за рахунок утворення волокнистих гідросилікатів у неклінкерній частині, що зміцнює матрицю на мікро- та нанорівні з реалізацією явища «самоармування».

У четвертому розділі проведено оптимізацію гранулометричного складу компонентів високоміцних дисперсно-армованих бетонів для отримання ефективного упакування. При проектуванні складу високоміцного бетону, армованого поліпропіленовою фіброю, класу за рухомістю бетонної суміші Р4 виконано експериментально-статистичне моделювання методом ортогонально-центрального композиційного планування з оптимізацією рецептурних факторів – витрати портландцементу ПЦ І-500Р-Н ($X_1 = 300; 350; 400 \text{ кг/м}^3$) та кількості поліпропіленової фібри ($X_2 = 0,0; 1,0; 2,0 \%$). Міцність модифікованих бетонів через 28 діб тверднення зростає від 61,7 МПа до 98,4 МПа при зміні фактора X_1 (фактор X_2 знаходиться на рівні «0»). Показано, що комплексне модифікування портландцементу забезпечує отримання високоміцних бетонів класу за міцністю С50/67–С60/75 при витраті портландцементу 350–400 кг на 1 м^3 бетонної суміші. Встановлено, що міцність на згин бетонів зростає на 42–50 % при збільшенні ступеня дисперсного армування до 2,0 %.

Бетонні суміші марки за рухомістю Р4 розроблених бетонів характеризуються седиментаційною стійкістю – показник водовідділення становить 0,2 %, розчиновідділення – 0,5 %, а фібробетони на їх основі – підвищеною щільністю (водопоглинання $W_m=1,9\text{--}2,1\%$, відкрита пористість $P_v=4,5\text{--}4,9 \%$, показник капілярного зростання $SI= 0,37 \text{ мм}\cdot\text{год}^{0.5}$).

Комплексне модифікування та дисперсне армування поліпропіленою фіброю забезпечує отримання високоміцних бетонів, що характеризуються міцністю на стиск 87,1–96,8 МПа, міцністю на розтяг при згині – 9,8–11,2 МПа, показником питомої витрати портландцементу на одиницю проектної міцності – 4,0–4,5 кг/МПа. Питома міцність розроблених модифікованих фібробетонів f_{cm2}/f_{cm28} становить 0,50–0,51, що відповідає вимогам щодо швидкотверднучих. Ударна в'язкість розроблених високоміцних дисперсно-армованих бетонів за показником питомої енергії при появі першої тріщини становить 33,4–44,1 Дж/см³ та 61,7–80,3 Дж/см³ при повному руйнуванні. Ударна стійкість модифікованих дисперсно-армованих бетонів згідно з ДСТУ Б В.2.7-57-96 становить 20 кг. Міцність на стиск розроблених бетонів через 100 циклів поперемінного зволоження висушування знижується на 1,9–3,0 %, а ударна в'язкість – на 3,1–5,4 %, що свідчить про їх підвищену стійкість в умовах сумісної дії зовнішніх впливів. Динамічна поверхнева твердість (енергія удару 1,8 Дж) модифікованих високоміцних бетонів зростає в 1,5–1,7 рази залежно від віку тверднення порівняно з бетоном контрольного складу.

Модуль пружності фіброармованого високоміцного бетону зростає від 54,6 до 61,7 ГПа, а коефіцієнт Пуассона знижується від 0,19 до 0,17 порівняно із високоміцним бетоном без фібри. Призмova міцність високоміцного бетону становить 73,5 МПа, тоді як високоміцних бетонів, армованих поліпропіленою фіброю – 78,6–82,7 МПа. Показано, що введення фібри до високоміцних бетонів сприяє зниженню стираності на 30,4–34,3 %.

У *п'ятому розділі* представлено результати дослідно-промислової апробації високоміцних дисперсно-армованих бетонів з підвищеною ударною в'язкістю. Розроблені високоміцні фібробетони впроваджені ТзОВ «Гартекс» при бетонуванні промислової підлоги в складському приміщенні на вулиці Буйка, м. Львів, а також при влаштуванні перекриття при реконструкції будівлі Комунального некомерційного підприємства «4-та міська клінічна лікарня м. Львова» за адресою вул. Мушака, 54. Представлена техніко-економічна ефективність високоміцних дисперсно-армованих бетонів.

Результати експериментальних досліджень і промислового впровадження використано в навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Інноваційні технології виготовлення сучасних будівельних матеріалів і виробів» для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Ключові слова: високоміцний бетон, ударна в'язкість, інженерний цементуючий композит, промислова підлога, дисперсне армування, ультрадисперсна мінеральна добавка, експлуатаційні властивості.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Сидор Н. І., Марущак У. Д., Маргаль І. В. Вплив компонентного складу на властивості інженерних цементуючих композитів // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Серія: Теорія і практика будівництва. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. № 888. С. 127–132.

2. Дослідження швидкотверднучих бетонів, модифікованих комплексною нанодобавкою / У. Д. Марущак, Н. І. Сидор, О. Мазурак, Р. Мазурак // Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво. 2018. № 19. С. 90–93.

3. Сидор Н. І. Дослідження властивостей інженерних цементуючих композитів // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Серія: Теорія і практика будівництва. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. № 912. С. 162–168.

Публікації у наукових періодичних виданнях інших держав та виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз:

4. Marushchak U., Sanytsky M., Sydor N. Design of rapid hardening engineered cementitious composites for sustainable construction // SSP - Journal of civil engineering, 2017. Vol. 12. Issue 2. P. 107–112.

5. Development of nanomodified rapid hardening fiber reinforced concretes for special-purpose facilities / U. Marushchak, M. Sanytsky, S. Korolko, Y. Shabatura, N. Sydor // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology organic and inorganic substances. 2018. № 2/6 (92). P. 34–37.

Патент України на корисну модель:

6. Патент на корисну модель № 109644 Україна, МПК С04В 7/00 С04В 7/13. В'язуче / Марущак У. Д., Саницький М. А., Позняк О. Р., Сидор Н. І., Мельник В. М. (Україна); Заявл. 19.02.2018; Опубл. 10.07.2018, бюл. №13.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Marushchak U., Sanytsky M., Sydor N. Design of rapid hardening engineered cementitious composites for sustainable construction. XVI International Scientific Conference Košice-Lviv-Rzeszów. 2017. P. 1–2.

8. Сидор Н. Ефективні інженерні цементуючі композити для мінімалізації забруднення навколишнього середовища. I Всеукраїнська науково-практична конференція «Фізичні процеси в енергетиці, екології та будівництві». 2018. С.28.

9. Marushchak U., Sanytsky M., Sydor N., Braichenko S. Research of Nanomodified Engineered Cementitious Composites. Proceedings of the 2018 IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties. 2018. Part 2. 8914835. (Scopus).

10. Марущак У., Саницький М., Сидор Н. Дослідження стійкості наномодифікованих дисперсно-армованих бетонів до ударних навантажень. 7-а міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті». 2018. С. 203–208.

11. Marushchak U., Sanytsky M., Sydor N., Braichenko S. Research of impact resistance of nanomodified fiber reinforced concrete. MATEC Web of Conferences. 2018. 230. 03012. (Scopus).

12. Марущак У., Саницький М., Сидор Н. Наномодифіковані дисперсно-армовані будівельні композити. Міжнародний семінар «Моделювання і оптимізація будівельних композитів». 2018. С. 100–102.
13. Марущак У., Сидор Н., Новосад П., Бобецький Ю. Дисперсно-армовані цементуючі композити. Міжнародна наукова конференція «Матеріали для роботи в екстремальних умовах», 2018. С. 62–63.
14. Марущак У., Сидор Н., Маргаль І., Солтисік Р. Модифіковані фібробетони для промислових підлог. 8-а міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті». 2019. С. 164–166.
15. Marushchak U., Sydor N., Braichenko S., Margal I., Soltysik R. Modified fiber reinforced concrete for industrial floors. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. 708. 012094. (Scopus).
16. Сидор Н., Проць Є. Модифіковані інженерні цементуючі композити. II Науково-практична конференція «Теорія і практика актуальних наукових досліджень», 2020. С. 139–142.
17. Sydor N., Marushchak U. Modified fiber-reinforced concrete and the sustainability concept. International Seminar on Circular Economy and Sustainability in Civil Engineering (ISCESCE). 2020. P. 29.
18. Sydor N., Marushchak U., Braichenko S., Rusyn B., Development of component composition of Engineered Cementitious Composites. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. 100 LNCE. P. 459–465. (Scopus).

ABSTRACT

Sydor N.I. High strength concretes with high impact resistance for industrial floors. On rights of the manuscript.

PhD thesis (Doctor of Philosophy) in Engineering sciences by specialty 192. “Construction and civil engineering” (19 – Architecture and Construction). – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine. – Lviv, 2021.

The dissertation is devoted to solving the problem of obtaining of high-strength concretes with high impact resistance for industrial floors by systemic modification of Portland cement with polydisperse mineral components in combination with highly effective polycarboxylate superplasticizers to improve their micro- and mesostructure, as well as reinforcement with dispersed polypropylene fibers, which provides three-dimensional strengthening of the structure to control the process of cracking and accumulation of energy of dynamic action.

Current trends in the installation of industrial floors from the standpoint of ensuring their durability and reliability in extreme operating conditions are analyzed in the *first section* on the basis of an analytical review of the literature. It is shown that increasing the term of effective use of concrete foundations and ensuring resource conservation in their manufacture are associated with the introduction of high strength concrete in their construction.

The modern tendencies of concrete production with regulated performance are considered and analyzed. It is shown that the provision of high strength values can be realized by optimizing the particle size distribution of the main components of mixtures with the provision of dense packaging. The use of active mineral additives, including nanometric dispersion component, and polycarboxylate superplasticizers in the direction of obtaining a cementing matrix of durable high strength concrete. Attention is drawn to the fact that the introduction of high strength concrete is accompanied by the problem of increasing their fragility, reducing crack resistance and resistance to impact loads. The peculiarities of the impact loads are considered and the methods of increasing the stability of concrete in such conditions are analyzed.

Analysis of data in the field of high-strength concrete technology, as well as known patterns of formation of composites with needed properties allows to put forward a scientific hypothesis about the feasibility of developing of high-strength concrete with high toughness by modifying organo-mineral additives with optimized filling and reinforcement by low-modul fibers providing the directed structure formation of a cement matrix with formation of homogeneous small-crystal low-defect structure of concrete, three-dimensional strengthening by polypropylene fiber that causes change of conditions and energy of crack formation.

The *second section* describes the methodology of experimental research and describes the characteristic of used materials. Physico-mechanical properties and granulometric composition of Portland cement CEM I 42.5 N are presented. The characteristics and chemical composition of mineral additives – fly ash, metakaolin, microsilica and Aerosil A380, as well as a superplasticizer of polycarboxylate type are given. The characteristics of sands and coarse aggregates for concrete are given. Comparison of the properties of polypropylene and basalt fiber is presented. It is shown that the determination of technological, physical-mechanical and construction-technical properties of high strength fiber-reinforced engineered cementitious composites and concretes is carried out in accordance with current regulations and generally accepted methods. Modern methods of physicochemical analysis (X-ray diffractometry, scanning electron microscopy, etc.) were used to study the processes of structure formation in modified Portland cement matrices of high strength fiber-reinforced composites.

In the *third section* the influence of mineral additives, superplasticizer, dispersed fiber on the properties of Portland cement systems is investigated, the compositions of Engineered Cementitious Composites are developed. It is established that the introduction of ultradispersed mineral additives ($A_s \geq 1000 \text{ m}^2/\text{kg}$) provides increased water holding capacity, increased sedimentation resistance and reduced shrinkage deformation in air-dry curing conditions. Studies of pozzolanic properties of mineral additives according to the method according to EN-450 found that their activity increases with increasing specific surface area. Thus, the activity of fly ash in terms of compressive strength is $K_{28c} = 0.79$, while for metakaolin and microsilica – 0.92 and 1.07, respectively. According to the indicators of flexural strength, the coefficient of pozzolanicity is $K_{28fl} = 0.80$; 0.88; 0.89 for fly ash, metakaolin and microsilica, respectively.

The method of mathematical planning of the experiment taking into account the principles of micromechanics determined the optimal ratio of cement: ash-removal: sand = 0.8:1.2:1.0 in order to obtain maximum tensile strength in bending. It is shown that partial replacement of fly ash by ultrafine mineral additives with increased surface energy in the binder system, the use of polycarboxylate superplasticizer, as well as

reinforcement of engineering composites with dispersed polypropylene fibers in the optimal amount increase 25 % compressive strength bend – by 20–22 % compared with composites based on binary binder system Portland cement: fly ash. The developed fiber-reinforced Engineered Cementitious Composites are characterized by compressive strength of 83.3 MPa, bending strength - 19.7 MPa, a critical stress intensity factor in nonequilibrium tests of $1.58 \text{ MPa/m}^{0.5}$, shrinkage of 0.14 mm/m.

Studies of the influence of technological factors on the toughness of the cement matrix have shown that the toughness increases by 8.5–12.9 % with the introduction of mineral additives. It has been experimentally confirmed that the introduction of dispersed fiber significantly increases the impact strength of Portland cement systems by 8–10 times, while the values of impact strength of samples with polypropylene fiber are 12.7–30.4 % higher compared to samples reinforced with basalt fiber.

The complex of methods of physical and chemical analysis establishes the peculiarity of structure formation processes, microstructure formation and strength synthesis of cement paste based on Portland cement, modified with a complex organo-mineral additive. The degree of hydration of the alite phase of the clinker component of Portland cement CEM I 42.5 N after 24 hours is 37.1 %, and for modified Portland cement – 46.1 %. Modification with ultradispersed mineral additives accelerates the hydrolysis of the alite phase with a corresponding compaction of the microstructure of cement paste due to the formation of fibrous hydrosilicates in the non-clinker part, which strengthens the matrix at the micro- and nanolevel with the realization of the phenomenon of "self-reinforcement".

In the *fourth section* the granulometric composition of the components of high strength fiber-reinforced concrete was optimized to obtain effective packaging. When designing the composition of high strength concrete reinforced with polypropylene fiber, the slump class of concrete mixture P4 performed experimental-statistical modeling by orthogonal-central compositional planning with optimization of prescription factors – Portland cement CEM I 42.5 consumption ($X_1 = 300; 350; 400 \text{ kg/m}^3$) and the amount of polypropylene fiber ($X_2 = 0.0; 1.0; 2.0 \%$). The compressive strength of the modified concrete after 28 days increases from 61.7 MPa to 98.4 MPa when the factor X_1 changes (factor X_2 is at the level of "0"). It is shown

that the complex modification of Portland cement provides obtaining of high strength concrete of strength class C50/67–C60/75 at a consumption of Portland cement of 350–400 kg per 1 m³ of concrete. It is established that the flexural strength of concrete increases by 42–50 % with increasing the degree of dispersed reinforcement to 2.0 %.

Concrete mixtures of slump class of P4 of developed concretes are characterized by sedimentation stability – water bleeding rate is 0.2 %, mortar separation – 0.5 %, and fiber-reinforced concretes based on them – high density (water absorption $W_m = 1.9–2.1$ %, open porosity $P_o = 4.5–4.9$ %, capillary growth rate $SI = 0.37 \text{ mm} \cdot \text{h}^{0.5}$).

Complex modification and disperse reinforcement with polypropylene fiber provides obtaining of high strength concrete, which characterized by compressive strength of 87.1–96.8 MPa, flexural strength – 9.8–11.2 MPa, an indicator of the specific consumption of Portland cement per unit of strength - 4.0–4.5 kg/MPa. The specific strength of the developed modified fiber-reinforced concretes f_{cm2}/f_{cm28} is 0.50–0.51, which meets the requirements for rapid hardening concrete. The impact strength of the developed high-strength fiber-reinforced concretes in terms of specific energy at the appearance of the first crack is 33.4–44.1 J/cm³ and 61.7–80.3 J/cm³ at complete failure. Impact resistance of modified dispersed reinforced concrete in accordance with DSTU B V.2.7-57-96 is 20 kg. The compressive strength of the developed concretes after 100 cycles of damping-drying is reduced by 1.9–3.0 %, and impact resistance - by 3.1–5.4 %, which indicates their increased stability in the conditions of joint action of external influences. The dynamic surface hardness (impact energy 1.8 J) of modified high strength concretes increases by 1.5–1.7 times depending on the age of hardening compared to the concrete of the control composition.

The modulus of elasticity of fiber-reinforced high strength concrete increases from 54.6 to 61.7 GPa, and the Poisson's ratio decreases from 0.19 to 0.17 compared to high strength concrete without fiber. The prism strength of high strength concrete is 73.5 MPa, while high strength concrete reinforced with polypropylene fiber is 78.6–82.7 MPa. It is shown that the introduction of fiber into high-strength concrete reduces abrasion by 30.4–34.3 %.

The *fifth section* presents the results of experimental and industrial testing of fiber-reinforced high strength concrete with high impact resistance. Developed fiber-reinforced high strength concrete was implemented by "Gartex" LLC during concreting of industrial floor in a warehouse on Buyka street, Lviv, as well as during the installation of the floor during the reconstruction of the building of the Municipal Non-Commercial Enterprise "4th City Clinical Hospital of Lviv" at Mushak str., 54. The technical and economic efficiency of fiber-reinforced high strength concrete is presented.

The results of experimental research and industrial implementation were used in the educational process of the Lviv Polytechnic National University in teaching the discipline "Innovative technologies for the manufacture of modern building materials and products" for students of speciality 192 Construction and Civil Engineering.

Keywords: high strength concrete, impact resistance, Engineered Cementitious Composite, industrial floor, dispersed reinforcement, ultrafine mineral additive, operational properties.