

## АНОТАЦІЯ

*Кінтя Л.* Бетони підвищеної довговічності для жорстких покриттів автомобільних доріг.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Одеська державна академія будівництва та архітектури – Одеса, 2021.

*Метою роботи є* розробка бетонів жорстких дорожніх покриттів з підвищеною довговічністю та міцністю, зокрема ранньою, за рахунок використання фібри, суперпластифікатору з прискорювачем твердіння та активної мінеральної добавки пуцоланового типу.

*У вступі* обґрунтовано вибір теми дослідження, її актуальність, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета роботи і задачі досліджень, наведені положення наукової новизни та практичного значення отриманих результатів.

*У першому розділі* проаналізовано досвід будівництва і експлуатації доріг з жорсткими дорожніми покриттями, а також методи управління структурою і властивостями цементобетонів дорожніх покриттів для забезпечення їх довговічності в типових умовах експлуатації. Жорсткі дорожні покриття мають багато переваг перед нежорсткими асфальтобетонними, насамперед це більша довговічність та відсутність колійності. В середньому через 9...12 років сумарні витрати на будівництво і експлуатацію доріг з асфальтобетонним і цементобетонним покриттям стають рівними, а в подальшому експлуатація дороги з жорстким покриттям стає вигіднішою. Згідно прийнятої Укравтодором програми за 2021–2025 роки в Україні має бути побудовано 2900 км доріг з використанням жорстких покриттів. Показано, що отримання бетонів з високою міцністю та довговічністю при забезпеченні достатньої рухомості суміші можливе при використанні ефективних модифікаторів, насамперед пластифікаторів

полікарбоксилатного типу. Досягнути комплексного впливу на структуру та властивості бетону, зокрема на ранню міцність, дозволяють комплексні модифікатори, що включають прискорювачі твердіння і пуцолани. Обґрунтовано, що ефективним методом впливу на структуру бетонів дорожніх покриттів, який дозволяє підвищити їх міцність при згині, морозостійкість, і зносостійкість, є використання стійкої до корозії фібри.

За результатами проведеного аналізу сформульовано *робочу гіпотезу* роботи. Існуючі методи і критерії оцінки довговічності бетонів жорстких дорожніх покриттів враховують окремо дії навантаження від транспортних засобів, або зміни температур, або характеристик бетону. Врахування спільного впливу модифікації бетону, зміни температур та вологості, а також навантаження від транспортних засобів дозволять оцінити якість цементобетонного покриття та прогнозувати заданий строк експлуатації. Улаштування цементобетонного покриття з покращеними властивостями за рахунок використання комплексних модифікаторів (пластифікатор-прискорювач твердіння), метакаоліну (активної добавки) і дисперсного армування стійкою до корозії поліпропіленовою фіброю дозволить поліпшити структуру і фізико-механічні характеристики модифікованого бетону, підвищити його експлуатаційні властивості та довговічність, що буде впливати на зменшення грошових витрат при утриманні цементобетонного покриття, а також експлуатації автодоріг в цілому.

У *другому розділі* описано методикку проведення досліджень і наведено характеристику використаних матеріалів. У якості модифікаторів використовувалися: добавка комплексної дії полікарбоксилатного типу Coral ExpertSuid 5 (гіперпластифікатор у поєднанні з прискорювачем твердіння) і метакаолін (продукт випалу збагачених каолінових глин). У якості дисперсної арматури використовувалася поліпропіленова фібра «MicroArm» з довжиною волокон 12 мм і діаметром 20 мкм.

За 18-ти точковим оптимальним планом проводився 4-х факторний експеримент, в якому варіювалися наступні фактори складу бетону:

- $X_1$ , кількість портландцементу ПЦ II/A-Ш-500, від 400 до 500 кг/м<sup>3</sup>;
- $X_2$ , кількість поліпропіленової фібри, від 0 до 2 кг/м<sup>3</sup>;
- $X_3$ , кількість метакаоліну, від 0 до 30 кг/м<sup>3</sup>;
- $X_4$ , кількість добавки Coral ExpertSuid-5, від 0,6 до 1% від маси цементу.

У якості заповнювачів для бетону використовувався щебінь фракції 5-10 мм і кварцовий пісок з модулем крупності 2,7.

Аналіз властивостей бетонів і фібробетонів проводився з використанням експериментально-статистичних (ЕС) моделей.

У *третьому розділі* проаналізовано вплив варійованих факторів складу на В/Ц суміші та міцність модифікованих бетонів і фібробетонів у різному віці.

Всі суміші досліджених бетонів і фібробетонів мали рівну рухомість  $R_2$ , відповідно їх В/Ц залежало від складу. Встановлено, що В/Ц бетонних сумішей рівної рухомості варіювалося від 0,332 до 0,515. Введення поліпропіленової фібри і метакаоліну викликає необхідність підвищення В/Ц для збереження рухомості суміші. Підвищення кількості добавки Coral ExpertSuid-5 з 0,6 до 0,9...1% відчутно знижує В/Ц суміші.

У віці 3-х діб міцність на стиск досліджених бетонів варіювалася від 27,3 до 50,5 МПа, у віці 7-ми діб – від 30,8 до 55,2 МПа, у віці 28-ми діб – від 41,3 до 71,9 МПа і у віці 180-ти діб – від 48,3 до 80,7 МПа. При підвищенні кількості добавки комплексної дії Coral ExpertSuid-5 до 0,9...1% міцність бетонів і фібробетонів на стиск зростає на 7-9 МПа, при цьому позитивний вплив добавки проявляється вже у віці 3-х і 7-ми діб. За рахунок введення метакаоліну у кількості 15-20 кг/м<sup>3</sup> міцність бетонів на стиск в залежності від кількості цементу і віку підвищується на 5-7 МПа. При використанні раціональної кількості добавки Coral ExpertSuid-5 (0,8...0,9% від маси цементу) і метакаоліну (15...20 кг/м<sup>3</sup>) міцність бетонів на стиск підвищується на 15-16 МПа, при цьому вже у віці 3-х діб міцність модифікованих бетонів складає 42..50 МПа, що на 11...12 МПа більше міцності бетонів з мінімальною кількістю добавки.

Міцність на розтяг при згині досліджених бетонів у віці 3-х діб складала від 5,35 до 6,96 МПа, у віці 7-ми діб – від 6,25 до 8,01 МПа, у віці 28-ми діб – від 6,97 до 9,27 МПа і у віці 180-ти діб – від 7,49 до 10,13 МПа. За рахунок дисперсного армування міцність бетонів дорожніх покриттів на розтяг при згині підвищується на 0,5..0,9 МПа. При використанні комплексної модифікації та дисперсного армування міцність бетонів на розтяг при згині підвищується на 0,9..1,0 МПа у віці 3-х діб, на 1,0..1,3 МПа у віці 7-ми діб, на 1,2...1,4 МПа у віці 28-ми діб і на 1,3...1,6 МПа у віці 180-ти діб. Міцність модифікованих бетонів на розтяг при згині у віці 3-х діб складає 75...80% від міцності даних бетонів у 28-ми денному віці. Висока міцність на стиск та на розтяг при згині модифікованих фібробетонів дозволяє використовувати їх в дорожніх покриттях доріг з найбільшим навантаженням. Висока рання міцність даних бетонів дає можливість розпочинати експлуатацію доріг з цементобетонними покриттями у більш короткі терміни та полегшує виконання необхідних подальших технологічних операцій при будівництві доріг.

Також завдяки аналізу залишків від кореляційної лінійної функції впливу Ц/В на міцність була оцінена роль в структуроутворенні бетонів і фібробетонів варіюваних факторів складу поза їх зв'язком з водопотребою сумішей рівної рухомості. Обчислювальний експеримент дозволив отримати дані, що недоступні при використанні лише загальноприйнятих методик аналізу результатів планованого експерименту.

У *четвертому розділі* проаналізована довговічність і структура розроблених модифікованих бетонів і фібробетонів. Встановлено, що за рахунок дисперсного армування поліпропіленовою фіброю морозостійкість бетонів жорстких дорожніх покриттів зростає на 50 циклів і більше. Аналогічне зростання рівня F досягається при підвищенні кількості добавки комплексної дії Coral ExpertSuid-5 до 0,8...0,9% від маси цементу. Модифіковані раціональною кількістю добавки і метакаоліну фібробетони жорстких дорожніх покриттів в залежності від кількості портландцементу у

складі мають морозостійкість від F350 до F450 (аналогічно рівню F150 для «Бетонів дорожніх і аеродромних покриттів» згідно ДСТУ Б В.2.7-49-96), що забезпечує їх достатню довговічність в умовах багаторазового заморожування і відтаювання.

Також встановлено, що за рахунок введення поліпропіленової фібри стиранність досліджених бетонів знижується на 22...35% (0,11..0,16 г/см<sup>2</sup>). При підвищенні кількості портландцементу до 500 кг/м<sup>3</sup> стиранність бетону знижується на 0,07...0,10 г/см<sup>2</sup>. Модифіковані фібробетони при використанні раціональної кількості поліпропіленової фібри і добавки Coral ExpertSuid-5 мають стиранність на рівні 0,30...0,35 г/см<sup>2</sup>, що забезпечує виску зносостійкість дорожнього покриття та відповідно його довговічність в умовах інтенсивного впливу автотранспорту.

Аналіз впливу варійованих факторів на водонепроникність показав, що за рахунок використання комплексної модифікації раціональною кількістю добавки полікарбосилатного типу Coral ExpertSuid-5 (0,8..0,9%) і метакаоліна (16...18 кг/м<sup>3</sup>) досліджені бетони і фібробетони мають в залежності від кількості в'язучого водонепроникність від W10 до W14, що забезпечує високу стійкість жорстких дорожніх покриттів до дії агресивних речовин. Кількість поліпропіленової фібри несуттєво впливає на рівень W бетонів.

Аналіз відкритої пористості бетонів і фібробетонів показав, що найбільш суттєво на цей структурний показник впливає кількість полікарбосилатної добавки Coral ExpertSuid-5. При підвищенні кількості добавки з 0,6% до 0,9...1% пористість знижується на 0,8...0,9%. При застосуванні 1,5...2 кг/м<sup>3</sup> поліпропіленової фібри відкрита пористість бетонів підвищується в середньому на 0,4%. За рахунок використання раціональної кількості полікарбосилатної добавки Coral ExpertSuid-5 (0,8...0,9%) і метакаоліну (15...20 кг/м<sup>3</sup>) незалежно від кількості в'язучого і дисперсної арматури відкрита пористість бетонів жорстоких дорожніх покриттів знаходиться в межах 4...4,5%.

Рентгенофазовий аналіз структури досліджених бетонів і фібробетонів підтвердив ефективність впливу використаних модифікаторів, зокрема позитивну роль метакаооліну як активної пуцолани. Про це свідчить зменшення рефлексів  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в 1,5 рази з утворенням гідросилікатів кальцію та гексагональних гідроалюмінатів кальцію типу  $\text{C}_4\text{AH}_{13}$ .

Встановлено, що незалежно від кількості в'язучого у складі найменші значення коефіцієнту технологічної пошкодженості мають фібробетони з кількістю фібри 1...1,2 кг/м<sup>3</sup> і метакаооліну 14...18 кг/м<sup>3</sup>, що можна пояснити особливістю впливу даних факторів на формування і розвиток технологічних тріщин та внутрішніх поверхонь розділу.

Проведений мікроскопічний аналіз структури показав, що пори в піщано-цементній матриці (розчинній частини) бетонів і фібробетонів мають переважно незначні розміри і рівномірно розподілені у об'ємі, цементно-піщана матриця щільно прилягає до зерен крупного заповнювача а волюка фібри рівномірно розподілені у структурі фібробетонів і якісно защемлені цементно-піщаною матрицею і крупним заповнювачем.

У *п'ятому розділі* описано вибір оптимальних складів фібробетонів жорстких дорожніх покриттів і впровадження результатів досліджень.

З використанням комплексу отриманих ЕС-моделей обрано оптимальні склади фібробетонів жорстких дорожніх покриттів класів С30/35 ( $f_{\text{ck.cube}} \geq 50$  МПа,  $f_{\text{ctk}} \geq 8$  МПа, морозостійкість  $\geq \text{F350}$ ,  $G \leq 0,40$  г/см<sup>2</sup>,  $f_{\text{ck.cube.3}} \geq 35$  МПа) і С32/40 ( $f_{\text{ck.cube}} \geq 55$  МПа,  $f_{\text{ctk}} \geq 8,5$  МПа, морозостійкість  $\geq \text{F400}$ ,  $G \leq 0,35$  г/см<sup>2</sup>,  $f_{\text{ck.cube.3}} \geq 35$  МПа). Обрані з врахуванням собівартості склади забезпечують необхідну міцність фібробетонів при підвищеній в типових умовах експлуатації довговічності та високому рівні ранньої міцності.

Розроблено «Регламент з технології приготування і застосування модифікованого бетону для покриттів автодоріг із застосуванням поліпропіленової фібри», який був затверджений у Одеському дочірньому підприємстві "Облавтодор" державної акціонерної компанії «Автомобільні дороги України».

Результати досліджень використовуються в освітньому процесі в Одеській державній академії будівництва та архітектури при підготовці магістрів спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою «Автомобільні дороги і аеродроми та транспортні системи».

**Ключові слова:** дорожнє покриття, довговічність, морозостійкість, зносостійкість, фібробетон, поліпропіленова фібра, суперпластифікатор, прискорювач твердіння, метакаолін.

## ABSTRACT

Chintea L. Concretes with the increased durability for rigid road pavements.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Specialty 192 – Construction and Civil Engineering. – Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. – Odessa, 2021.

The aim of the work is to develop the concretes for rigid pavements with increased durability and strength, due to the use of fiber, super-plasticizing admixture with hardening accelerator and active mineral additive of pozzolanic type.

The introduction substantiates the choice of the research topic, its relevance. The links of the work with scientific programs, plans, topics are showed; the purpose of the work and research tasks are formulated; the scientific novelty and practical significance of the results are given.

The *first part* analyzes the experience of construction and road usage with rigid pavements, as well as the methods for structure managing and the properties of cement-concrete pavements to ensure their durability in typical operating conditions. Rigid pavements have many advantages over non-rigid bituminous-concrete ones, first of all this is greater durability and lack of wheel track. On average, in 9...12 years, the total costs of construction and operation of roads with bituminous-concrete and cement-concrete pavement become equal, and in the future the operation of the road with rigid pavement becomes more profitable. According to the program established by Ukravtodor during 2021–2025, 2.900 km of roads with rigid pavements should be built in Ukraine. It is shown that obtaining the concretes with high strength and durability, while ensuring sufficient mobility of the mixture, is possible with the use of effective modifiers, especially polycarboxylate plasticizers. The complex modifiers, including hardening accelerators and pozzolans, allow to get the comprehensive impact on the structure and the properties of concrete, particularly the eager strength. It is substantiated



that the efficient important method on the structure of concrete pavements, which allows to increase their flexural strength, frost resistance, and hardness, is the use of corrosion-resistant fiber.

Based on the results of the analysis, the *working hypothesis* of the work is formulated. Existing methods and criteria for assessing the durability of rigid pavements take into account separately the load action of vehicles, temperature changes, or the characteristics of concrete. Taking into account the combined influence of concrete modification, temperature and humidity changes, as well as the vehicle load will allow to assess the quality of cement-concrete pavement and predict the specified time frame. Spreading of cement-concrete pavement with improved properties due to the use of complex modifiers (plasticizer – hardening accelerator), metakaolin (active additive) and dispersed reinforcement with corrosion-resistant polypropylene fiber will improve the structure and physical and mechanical characteristics of modified concrete, increase its properties and durability. So it will reduce the maintenance costs of cement-concrete pavement, as well as road operation in general.

There are the research methodology and the characteristics of used materials in the *second part*. The polycarboxylate type Coral ExpertSuid 5 admixture of complex action (hyper-plasticizer in combination with a hardening accelerator) and metakaolin (roasted product of rich kaolin clays) was used as the modifiers. Polypropylene fiber “MicroArm” with a fiber length 12 mm and a diameter 20  $\mu\text{m}$  was used as dispersed reinforcement.

According to the 18-point optimal plan 4-factor experiment was carried out, where the following factors of concrete composition varied:

- $X_1$ , the amount of Portland cement PC II/A-III-500, from 400 to 500  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- $X_2$ , the amount of polypropylene fiber, from 0 to 2  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- $X_3$ , the amount of metakaolin, from 0 to 30  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- $X_4$ , the amount of Coral ExpertSuid-5 admixture, from 0.6 to 1% from the cement weight.

Crushed stone (the fraction 5-10 mm) and quartz sand (fineness modulus 2.7) were used as the aggregates for concrete.

Property analysis of concrete and fiber concrete was performed using experimental-statistical (ES) models.

The influence of variable composition factors on the W/C mixtures and the strength of modified concretes and fibroconcretes at different ages were analyzed in the *third part*.

All the mixtures of tested concretes and fibroconcretes had equal mobility P2, respectively, their W/C depended on the composition. W/C of concrete mixtures with equal mobility was found to vary from 0,332 to 0,515. The introduction of polypropylene fiber and metakaolin causes to increase W/C to maintain the mobility of the mixture. Increasing the amount of Coral ExpertSuid-5 from 0.6 to 0.9..1% significantly reduces W/C of the mixture.

At the age of 3 days the compressive strength of tested concretes varied from 27.3 to 50.5 MPa, at the age of 7 days it was from 30.8 to 55.2 MPa, at the age of 28 days it was from 41.3 to 71.9 MPa and at the age of 180 days – from 48.3 to 80.7 MPa. When increasing the amount of Coral ExpertSuid-5 admixture of complex action to 0.9-1%, the compressive strength of concrete and fiber concrete increases by 7-9 MPa, while the positive effect of the admixture is at the age of 3 and 7 days. Due to the addition of metakaolin in the quantity of 15...20 kg/m<sup>3</sup>, the compressive strength of concrete, depending on the amount of cement and age, increases by 5...7 MPa. When using a reasonable amount of Coral ExpertSuid-5 admixture (0.8...0.9% from cement weight) and metakaolin (15..20 kg/m<sup>3</sup>) the compressive strength of concrete increases by 15...16 MPa, at the same time at the age of 3 days the strength of modified concretes is 42...50 MPa, which is 11...12 MPa more than the strength of concretes with a minimum amount of admixtures.

The tensile strength in bending of tested concretes at the age of 3 days were from 5.35 to 6.96 MPa, at the age of 7 days it was from 6.25 to 8.01 MPa, at the age of 28 days – from 6.97 to 9.27 MPa and at the age of 180 days – from 7.49 to 10.13 MPa. Due to disperse reinforcement, the tensile strength of concrete

pavements increases by 0.5...0.9 MPa. When using a complex modification and dispersed reinforcement, the tensile strength of concrete in bending increases by 0.9..1.0 MPa at the age of 3 days, by 1.0...1.3 MPa at the age of 7 days, by 1.2...1.4 MPa at the age of 28 days and 1.3..1.6 MPa at the age of 180 days. The tensile strength of modified concretes at bending at the age of 3 days is 75..80% of the strength of these concretes at the age of 28 days. High compressive and tensile strength in bending of modified fiberconcrete allows to use them in road pavement with the most heavy load. The high early strength of these concretes makes it possible to start the operation of the roads with cement-concrete pavements within a shorter period of time and facilitates the implementation of the necessary technological actions during the road construction.

Also, due to the analysis of the residues from the correlation linear function of the C/W influence on the strength, the role of varied composition factors outside their connection with water consumption of the mixtures with equal mobility in the structure formation of concretes and fibroconcretes was evaluated. The computational experiment allowed to obtain the data, which are not available when using only conventional methods of result analysis of the planned experiment.

In the *fourth part* the durability and the structure of the developed modified concretes and fibroconcretes are analyzed. It is established that due to disperse reinforcement with polypropylene fiber the concrete frost resistance of rigid pavements increases by 50 cycles and more. A similar increasing of F level is achieved by increasing Coral ExpertSuid 5 admixture amount of complex action to 0.8-0.9% from cement weight. Modified by a reasonable amount of additives and metakaolin the fibroconcretes of rigid pavements, depending on the amount of Portland cement in the composition, have the frost resistance from F350 to F450 (similar to F150 level for “Concretes for road and airfield pavements” according to DSTU B V. 2.7-49-96), which have sufficient durability in the conditions of multiple freezing and defrosting.

It was also established that due to adding of polypropylene fiber the wearing capacity of tested concretes reduces by 22..35% (0.11...0.16 g/cm<sup>2</sup>). When

increasing the quantity of Portland cement to  $500 \text{ kg/m}^3$ , the wearing capacity of concrete decreases by  $0.07\text{...}0.10 \text{ g/cm}^2$ . Modified fibroconcretes, using a reasonable amount of polypropylene fiber and Coral ExpertSuid-5 admixture, have the wearing capacity at the level  $0.30\text{...}0.35 \text{ g/cm}^2$ , which provides high wear resistance of the road pavement and, accordingly, its durability in the condition of busy traffic.

Analysis of the influence of variable factors on water resistance showed that due to the use of a complex modification of a reasonable amount of polycarboxylate type Coral ExpertSuid-5 admixture ( $0.8\text{...}0.9\%$ ) and metakaolin ( $16\text{...}18 \text{ kg/m}^3$ ) the concretes and fibroconcretes have waterproofing from W10 to W14 according to binder quantity, which provides high resistance of rigid pavements to aggressive substances. The amount of polypropylene fiber has a negligible influence on W level of concrete.

Analysis of the open porosity of concrete and fiber concrete showed that the structural indicator is most significantly affected by the amount of polycarboxylate Coral ExpertSuid-5 admixture. When increasing the amount of admixture from  $0.6\%$  to  $0.9\text{...}1\%$ , the porosity decreases by  $0.8\text{...}0.9\%$ . When using  $1.5\text{...}2 \text{ kg/m}^3$  of polypropylene fiber, the open porosity of concrete increases by  $0.4\%$ . Due to the use of a reasonable amount of polycarboxylate Coral ExpertSuid-5 admixture ( $0.8\text{...}0.9\%$ ) and metakaolin ( $15\text{...}20 \text{ kg/m}^3$ ), regardless of the amount of binder and dispersed reinforcement, the open porosity of concrete pavements is within  $4\text{...}4.5\%$ .

X-ray phase analysis of the structure of tested concretes and fibroconcretes confirmed the effectiveness of the modifiers, in particular the positive role of metakaolin as an active pozzolana. There is decreasing of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  reflexes by 1.5 times with the formation of calcium hydrosilicates and hexagonal calcium hydroaluminates of  $\text{C}_4\text{AH}_{13}$  type.

Regardless of binder amount in the composition, the fibroconcretes with the fiber amount of  $1\text{...}1.2 \text{ kg/m}^3$  and metakaolin  $14\text{...}18 \text{ kg/m}^3$  have the lowest values of the technological damage coefficient, which can be explained by the influence

of these factors on the formation and development of technological cracks and internal surfaces of the section.

The microscopic analysis of the structure showed that the pores in the sand-cement matrix (soluble part) of concrete and fiber concrete are mostly small size and normally distributed in the quantity, the cement-sand matrix is close to the grains of coarse aggregate. Fiber is normally distributed in the structure of fibroconcretes and qualitatively clamped by cement-sand matrix and coarse aggregate.

The *fifth part* describes the selection of the optimal compositions of fiberconcretes of rigid pavements and the implementation of research results.

Using a set of obtained EC-models, the optimal compositions of fiberconcretes for rigid pavements of C30/35 classes ( $f_{ck.cube} \geq 50$  MPa,  $f_{ctk} \geq 8$  MPa, frost resistance  $\geq F350$ ,  $G \leq 0,40$  g/sm<sup>2</sup>,  $f_{ck.cube.3} \geq 35$  MPa) and C32/40 ( $f_{ck.cube} \geq 55$  MPa,  $f_{ctk} \geq 8,5$  MPa, frost resistance  $\geq F400$ ,  $G \leq 0,35$  g/sm<sup>2</sup>,  $f_{ck.cube.3} \geq 35$  MPa) were chosen. The compositions, selected taking into account the prime cost, provide necessary durability of fibroconcretes at the increased durability in typical operating conditions and high level of early durability.

“Technological specifications for preparation and application of modified concrete for road pavements with the use of polypropylene fiber” were developed which was approved by the Odessa subsidiary enterprise “Oblavtodor” of the state incorporated company “Roads of Ukraine”.

The research results are used in the educational process at the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture in the preparation of master students, specialty 192 – Construction and Civil Engineering according to the educational-professional program “Roads and airfields and transport systems”.

**Key words:** pavement, durability, frost resistance, wear resistance, fiberconcrete, polypropylene fiber, superplasticizer, hardening accelerator, metakaolin.

## Список публікацій здобувача за темою дисертації

### Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

#### *Статті у наукових фахових виданнях України:*

1. Мішутін А.В., Кінтя Л. Міцність фібробетонів жорстких дорожніх покриттів у різному віці. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. Вип.77. С. 135-141.
2. Mishutin A.V., Chintea L. The effect of modified additives on strength and frost resistance in fibrous concrete of rigid road pavements. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. Вип. 80. С. 64-74.

#### *Статті у наукових періодичних виданнях інших держав:*

3. Mishutin A.V., Zavaloka M.V., Chintia L. Management of cement-concrete road pavement structure. *Journal of Engineering Science*. 2019. Vol. XXVI. No. 1. PP. 91-95.
4. Mishutin A., Kos Z., Grynyova I., Chintea L. Durability of modified fiber concrete for rigid pavements. *Croatian regional development journal*. 2021. Vol. 2, No. 1. PP. 35-46,

#### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Мішутін А.В., Кінтя Л. Дослідження модифікованих фібробетонів жорстких дорожніх покриттів. *Експлуатація та реконструкція будівель і споруд* : зб. тез доп. III міжнар. конф., м. Одеса, 26- 28 вересня 2019 р. Одеса, 2019. С. 106.
6. Мішутін А.В., Кінтя Л., Кровяков С.О. Вплив складу бетону жорсткого дорожнього покриття на його ранню міцність. *Моделювання та оптимізація*

*будівельних композитів* : матеріали міжнар. наук.-техн. сем., м. Одеса, 21-22 листопада 2019 р. Одеса, 2019. С. 118-120.

7. Мішутін А.В., Кінтя Л. Фібробетони жорстких дорожніх покриттів з підвищеною ранньою міцністю. *Гідротехнічне і транспортне будівництво* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Одеса, 23 вересня 2020 р. Одеса, 2020, С. 63-65.

8. Мішутін А.В., Кінтя Л. Міцність і морозостійкість фібробетонів жорстких дорожніх покриттів. *76-та конф. професорсько-викладацького складу Одеської державної академії будівництва та архітектури* : зб. тез доп., м. Одеса, 21-22 травня 2020 р. Одеса, 2020, С. 233.

9. Кровяков С.О., Мішутін А.В., Кінтя Л. Врахування зміни Ц/В при оцінці впливу складу модифікованих бетонів жорстких дорожніх покриттів на їх міцність. *Моделювання та оптимізація будівельних композитів* : матеріали міжнар. наук.-техн. сем., м. Одеса, 3-4 грудня 2020 р. Одеса, 2020. С. 86-90.

10. Мішутін А.В., Кінтя Л. Бетони і фібробетони жорстких дорожніх покриттів з підвищеною міцністю і довговічністю. *Проблеми та перспективи розвитку будівельного комплексу м. Одеси* : зб. тез доп. III всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Одеса, 17-18 грудня 2020 р. Одеса, 2020, С. 164.

11. Мішутін А.В., Кінтя Л. Фібробетони жорстких дорожніх покриттів з високою довговічністю та ранньою міцністю. *Структурутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій* : зб. тез міжнар. наук.-техн. конф., м. Одеса, 8-9 квітня 2021 р. Одеса, 2021. С. 61-64.