

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного авіаційного університету
доктору технічних наук, професору
Барабаш Марії Сергіївні

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента Горба Олександра Григоровича

на дисертаційну роботу

Ян Шилинь

**“Використання вуглецевих нанотрубок у дорожньому та аеродромному
будівництві при динамічних навантаженнях”,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань
19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»

1. Актуальність теми дисертації. В останні роки нанотехнології та наноматеріали стали важливим досягненням у кількох сферах нашого життя, особливо в будівництві автомобільних доріг та аеродромних покриттів, де різноманітні синтезовані природні наноматеріали змогли значно покращити якість та експлуатаційні характеристики будівельних матеріалів. Нанодобавки, такі як вуглецеві наноматеріали, різні мінеральні наноагенти та наночастинки, такі як SiO_2 , TiO_2 тощо, використовуються для надання нових властивостей будівельним матеріалам для автомобільних доріг та аеродромів на основі органічних в'язучих. Серед них вуглецеві нанотрубки відіграють значну роль у цьому сегменті, а моношари та мультишари вуглецевих нанотрубок та вуглецевих нановолокон були успішно використані для покращення міцнісних властивостей асфальтобетонних композитів. На відміну від дисперсних частинок вуглецю, ці елементи можуть "вплітатися" в структуру матеріалу завдяки своїй волокнистій природі, утворюючи більш ефективний каркас. Підвищення міцності та довговічності асфальтобетону ефективно зменшує частоту робіт з утримання доріг, знижує вплив на навколишнє середовище, зменшує використання нафти та інших природних ресурсів за рахунок зменшення потреби в нових матеріалах. Таким чином, ці матеріали позитивно

впливають на зменшення викидів парникових газів та покращення експлуатаційних характеристик перероблених матеріалів. Отже, використання цих матеріалів підвищує термін служби та несучу здатність автомобільних доріг та аеродромних покриттів, подовжує їх належний термін експлуатації та витримує більші динамічні навантаження, знижує фактичні витрати на використання та обслуговування, і, таким чином, значно покращує експлуатаційні показники бетону, який в даний час розробляється з додаванням заповнювача мікрокремнезему на основі широкого спектру промислових відходів (наприклад, шлаку феросплавного заводу, доменного гранульованого шлаку) в якості наномодифікатора. Крім того, наномодифіковані цементні бетони, виготовлені з використанням вуглецевих нанотрубок золи-виносу, значно підвищують якість і довговічність бетонних і залізобетонних конструкцій у цивільному будівництві, забезпечуючи їх надійність в експлуатації, і мають потенціал для включення промислових відходів, таких як зола-виносу і золошлаки, у великих кількостях в якості інгредієнтів у виробничий процес.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Ян Шилинь. є актуальною, має теоретичне і прикладне значення як для задоволення будівельних потреб, так і захисту навколишнього середовища, одночасно роблячи значний внесок у досягнення цілей сталого розвитку.

2. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів Національного авіаційного університету, відповідно до Закону України № 3715-VI «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», зокрема, за напрямом «Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій». Також автор виконував дослідження в межах Науково-технічної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Національного авіаційного університету», (Державний обліковий номер: 0224U000611 від 10.01.2024 р.).

3. Наукова новизна одержаних автором результатів. У цьому дослідженні вперше застосовано модифіковані вуглецеві нанотрубки (ВНТ) для значного покращення старіння та стійкості до стирання асфальтобетону, чого неможливо досягти за допомогою звичайних матеріалів. Використання ВНТ як стабілізаторів та інгібіторів у процесі старіння полімерних бітумних в'язучих дозволяє сповільнити колювання температури розм'якшення та показників якості зразків після старіння більш ніж у 10 разів, що є незрівнянним з традиційними матеріалами.

Дослідження дозволили додатково покращити розмір частинок та в'язкість асфальто-смоляних композитів, підвищити стабільність наномодифікованого в'язучого та зменшити явище розшарування. Механічні властивості асфальтобетону, такі як твердість, міцність на розрив та морозостійкість, були значно покращені, температура розм'якшення була підвищена на 24%, температура крихкості знижена на 20%, а еластичність значно покращена.

Це дослідження вперше виявило, що вуглецеві нанотрубки можуть сприяти швидкому зростанню кристалів гідрату хлориду магнію, в результаті чого утворюється щільна мікроструктура з мінімальною пористістю, що призводить до суттєвого збільшення початкової міцності та жорсткості бетону.

Це дослідження вперше показало, що використання високомолекулярних органічних полімерів в якості дисперсійного середовища має вирішальне значення для ефективного диспергування ВНТ, що не тільки покращує початкову плинність бетону, але й підвищує довготривалу стабільність бетонної суміші завдяки утворенню стабільної колоїдної системи.

4. Практичне значення результатів дисертаційної роботи.

➤ Це дослідження розробляє асфальтобетонні композиції з покращеними фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Це розширює потенціал застосування ВНТ у легкій та важкій промисловості, забезпечуючи технологічні інновації для різних галузей, включаючи виробництво конструкцій, важку промисловість та електроніку.

➤ Асфальтобетон, комплексне покращення експлуатаційних характеристик та широкий спектр можливостей застосування роблять це дослідження надзвичайно новим та важливим для технології застосування вуглецевих нанотрубок.

➤ Дослідження показало, що деградація міцності асфальтобетону, модифікованого ВНТ, під час термічного окислення значно сповільнюється. Це значно покращило його характеристики порівняно зі звичайним асфальтобетоном, модифікованим полімерами.

➤ Це дослідження дозволило уточнити рецептуру оптимальних бетонних сумішей та вміст модифікаторів ВНТ, що дало змогу отримати бетонні суміші з ідеальними показниками текучості та відмінною міцністю на стиск, а також підвищити надійність і довговічність бетонних та залізобетонних конструкцій, особливо придатних для застосування в цивільному будівництві.

➤ Ці дослідження значно підвищили експлуатаційну надійність і довговічність структурних компонентів і покриттів, одночасно забезпечивши екологічно чисте рішення для ефективної утилізації відходів, таких як летюча зола і доменний шлак.

➤ Це дослідження не лише технічно визначає оптимальний склад бетонних сумішей, але й забезпечує новий підхід до виробництва високоякісного та довговічного наномодифікованого бетону, що має важливе значення для покращення експлуатаційних характеристик матеріалів у легкій та важкій промисловості.

➤ Дослідження зосереджене на застосуванні вуглецевих нанотрубок (ВНТ) у будівництві доріг та аеродромів, особливо в асфальтобетоні та цементному бетоні. У дослідженні вивчається вдосконалення цих матеріалів шляхом включення вуглецевих нанотрубок для підвищення довговічності, міцності та екологічної ефективності будівельних матеріалів. Це дослідження має надзвичайну економічну цінність на існуючому будівельному ринку та для майбутніх досліджень з точки зору економії витрат, ефективності використання ресурсів, нових ринкових можливостей, конкурентних переваг та відповідно до

тенденції до сталого розвитку. Воно також закладає основу для широких майбутніх досліджень, пропонуючи багатообіцяючі можливості для розвитку галузі будівельних матеріалів, забезпечення екологічної стійкості та вирішення фундаментальних проблем у будівельній галузі. Все це узгоджується із «Зеленим курсом».

➤ Практичне значення дисертаційної роботи підтверджене актами та сертифікатами про впровадження результатів дослідження в навчальний процес НАУ (Акт впровадження від 8 січня 2024 року) та Shanghai Jiao Tong University (Сертифікат №200240 від 17 січня 2024 року), в інженерну діяльність провідних будівельних організацій Китаю: Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd. (Сертифікат №86-21-55000000 від 24 лютого 2023 року), Wuhan Xinjuxin Construction Engineering (Сертифікат №430040 від 8 червня 2023 року), Yantai Shiteng Building Materials Co., Ltd. (Сертифікат №265504 від 23 грудня 2023 року).

5. Оцінка змісту дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 213 сторінок, з яких 135 сторінок основного тексту. Робота містить 60 рисунків, 57 таблиць та 2 додатки. Список літератури включає 226 джерел. Текст дисертаційної роботи викладено англійською мовою з анотацією українською мовою на 8 сторінках.

Отже, робота, стосовно обсягу та структури, задовольняє вимогам Міністерства освіти і науки України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Текст дисертації викладений із коректним використанням наукової термінології в логічній послідовності.

У **вступі** аргументовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та поставлено задачі дослідження, обґрунтовано наукову новизну і практичну цінність результатів дослідження та висвітлено відомості щодо їх апробації, а також зазначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** дисертаційної роботи автором були зібрані основні відомості про ВНТ, асфальто- та цементобетони, а також найпоширеніші

матеріали та наповнювачі, що використовуються для їх виготовлення. Загальний обсяг першого розділу не перевищує 12 % від основного тексту.

В другому розділі викладені теоретичні передумови з дослідження модифікованих асфальтобетонів, запропонована класифікація і способи використання асфальтових добавок, описані використані методи, процеси та технологія модифікації органічних та полімерних бітумних сумішей за допомогою ВНТ.

У третьому розділі наведено теоретичні передумови з дослідження модифікованих цементобетонів, проаналізовано параметри і вимоги до наномодифікаторів та суперпластифікаторів бетону, запропоновано методи та технічні умови випробування модифікованих неорганічних та бетонних сумішей з полімерними добавками та ВНТ.

В четвертому розділі висвітлені результати експериментальних досліджень модифікованих асфальтобетонів, виявлені закономірності впливу введення ВНТ до складу основних поліпшувачів сумішей на кінцеві фізико-механічні та міцнісні характеристики асфальтобетону, проведено графо-аналітичний аналіз отриманих результатів.

У п'ятому розділі викладені результати експериментальних досліджень модифікованих цементобетонів, зокрема виявлено позитивний вплив застосування ВНТ та мінеральних добавок на основні фізико-механічні параметри досліджених сумішей, а саме текучість та морозостійкість, період тужавіння та корозійну стійкість, проведено всебічний аналіз отриманих результатів дослідження.

Загальні висновки розкривають зміст та мету проведених досліджень, а також відображають основні результати отримані в дисертаційній роботі.

Викладання тексту дисертації достатньо ясне, чітке, а незначні синтаксичні та граматичні помилки в дисертації не впливають на позитивну оцінку стилю викладення матеріалу.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає нормативним вимогам.

6. Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах, оцінка апробації результатів досліджень. Дисертація Ян Шилинь є самостійною науковою працею, в якій наведено теоретичні положення і висновки, власні ідеї та розробки автора, які дають змогу вирішити поставлені завдання. Усі висновки та практичні рекомендації, винесені на захист, розроблені дисертантом особисто. Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на 8 наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних та всеукраїнських.

Основні положення дисертації опубліковані у 24 друкованих працях, із яких 16 – наукові праці – у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Web of Science, 8 – матеріали і тези доповідей на конференціях.

7. Зауваження до дисертаційної роботи:

- в роботі відсутні відомості щодо планування багатofакторного експерименту, який фактично було проведено під час виконання дисертаційної роботи;

- цілісне сприйняття викладеного в дисертації матеріалу ускладнюється внаслідок відсутності структурно-логічної схеми експериментальних досліджень та самої роботи;

- на сторінці 31 згадується оксид (Re_2O_3) невідомого сучасній науці хімічного елементу (Re), який також відсутній у періодичній таблиці;

- у роботі виконані численні експериментальні випробування різноманітних дослідних зразків, однак ніде не зазначена їх загальна кількість, а також відсутні посилання на нормативні документи, що зумовлюють вибір їх габаритних розмірів (2*2*2 см та 4*4*16 см);

- для загального усвідомлення важливості результатів роботи не вистачає комплексного порівняння окремих результатів експериментальних досліджень з теоретичними інженерними розрахунками та цифровим моделюванням.

8. Загальні висновки. Зазначені зауваження не знижують загального позитивного враження та значимості виконаної дисертаційної роботи. Дисертація, що рецензується, за актуальністю, ступенем новизни,

обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів відповідає спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 р. № 261 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України з питань підготовки та атестації здобувачів наукових ступенів» від 19.05.2023 № 502), вимогам пп. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

Робота є актуальною та має практичну значимість, а її автор **Ян Шилинь** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії із галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції аеропортів
Національного авіаційного університету

« 22 » квітня 2024 року



Head of a one-time specialized academic council
of the National Aviation University
Doctor of Technical Sciences, Professor
Maria Serhiivna Barabash

REVIEW

reviewer Horb Oleksandr Hryhorovych

for a dissertation

Yang Shilin

**“Application of Carbon Nanotubes in Road and Airfield Construction Under
Dynamic Loads”,**

submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge
19 "Architecture and Construction", specialty 192 " Construction and Civil
Engineering"

1. Relevance of the dissertation topic. In recent years, nanotechnology and nanomaterials have become an important advancement in several areas of our lives, especially in the construction of roads and airfield pavements, where various synthesized natural nanomaterials have been able to significantly improve the quality and performance of construction materials. Nanosupplements such as carbon nanomaterials, various mineral nano-agents, and nanoparticles such as SiO_2 , TiO_2 , etc. are used to impart new properties to organic binder-based road and airfield construction materials. Among them, carbon nanotubes play a significant role in this segment, and monolayers and multilayers of carbon nanotubes and carbon nanofibers have been successfully used to improve the strength properties of asphalt composites. In contrast to dispersed carbon particles, these elements can be "woven" into the structure of the material due to their fibrous nature, forming a more efficient framework. Increasing the strength and durability of asphalt concrete effectively reduces the frequency of road maintenance, reduces the environmental impact, and reduces the use of oil and other natural resources by reducing the need for new materials. Thus, these materials have a positive impact on reducing greenhouse gas emissions and improving the performance of recycled materials. Therefore, the use of

these materials increases the service life and load-bearing capacity of roads and airfield pavements, extends their proper service life and withstands higher dynamic loads, reduces actual use and maintenance costs, and thus significantly improves the performance of concrete that is currently being developed with the addition of microsilica aggregate based on a wide range of industrial waste (e.g., ferroalloy plant slag, blast furnace granulated slag) as a nanomodifier. In addition, nanomodified cement concrete made using fly ash carbon nanotubes will significantly improve the quality and durability of concrete and reinforced concrete structures in civil engineering, ensuring their reliability in operation, and have the potential to incorporate industrial waste, such as fly ash and ash and slag, in large quantities as ingredients in the production process.

In this context, the topic of Yang Shilin's dissertation is relevant, has theoretical and applied significance both for meeting construction needs and environmental protection, while making a significant contribution to achieving sustainable development goals.

2. Connection of the dissertation with scientific programs, plans, topics. The dissertation was carried out at the Department of Computer Technologies of Airport Construction and Reconstruction of the National Aviation University, in accordance with the Law of Ukraine No. 3715-VI "On Priority Areas of Innovation Activity in Ukraine", in particular, in the area of "Development of new technologies for the production of materials, their processing and connection, creation of the industry of nanomaterials and nanotechnologies". The author also carried out research within the framework of the scientific and technical work "Implementation of the tasks of the long-term development plan of the scientific direction "Technical Sciences" of the National Aviation University" (State registration number: 0224U000611 dated 10.01.2024).

3. Scientific novelty of the results obtained by the author. In this research, modified carbon nanotubes (CNTs) were used for the first time to significantly improve the aging and abrasion resistance of asphalt concrete, which cannot be achieved with conventional materials. The use of CNTs as stabilizers and inhibitors

in the aging process of polymeric bitumen binders allows to slow down the fluctuations in the softening point and quality indicators of samples after aging by more than 10 times, which is incomparable with traditional materials.

The research has further improved the particle size and viscosity of asphalt-resin composites, increased the stability of the nanomodified binder and reduced the delamination phenomenon. The mechanical properties of the asphalt concrete, such as hardness, tensile strength, and frost resistance, were significantly improved, the softening point was increased by 24%, the brittle point was reduced by 20%, and the elasticity was significantly improved.

This research has revealed for the first time that carbon nanotubes can promote the rapid growth of magnesium chloride hydrate crystals, resulting in a dense microstructure with minimal porosity, leading to a significant increase in the initial strength and stiffness of concrete.

This research has shown for the first time that the use of high molecular weight organic polymers as a dispersion medium is crucial for the effective dispersion of CNTs, which not only improves the initial fluidity of concrete, but also increases the long-term stability of the concrete mix due to the formation of a stable colloidal system.

4. Practical significance of the dissertation results.

➤ This research develops asphalt compositions with improved physical, mechanical and performance properties. This expands the potential of CNT applications in light and heavy industry, providing technological innovations for various industries, including structural engineering, heavy industry, and electronics.

➤ Asphalt concrete, comprehensive performance improvement, and a wide range of applications make this research extremely novel and important for carbon nanotube application technology.

➤ The research showed that the degradation of the strength of asphalt concrete modified with CNTs during thermal oxidation is significantly slowed down. This significantly improved its performance compared to conventional asphalt concrete modified with polymers.

➤ This research allowed us to refine the formulation of optimal concrete mixtures and the content of CNT modifiers, which made it possible to obtain concrete mixtures with ideal flow properties and excellent compressive strength, as well as to increase the reliability and durability of concrete and reinforced concrete structures, especially suitable for use in civil engineering.

➤ These researches have significantly improved the operational reliability and durability of structural components and coatings, while providing an environmentally friendly solution for the efficient disposal of waste materials such as fly ash and blast furnace slag.

➤ This research not only technically determines the optimal composition of concrete mixtures, but also provides a new approach to the production of high-quality and durable nanomodified concrete, which is essential for improving the performance of materials in light and heavy industry.

➤ The research focuses on the application of carbon nanotubes (CNTs) in road and airfield construction, especially in asphalt concrete and cement concrete. The research explores the improvement of these materials by incorporating carbon nanotubes to enhance the durability, strength, and environmental performance of construction materials. This research is of extreme economic value in the existing construction market and for future research in terms of cost savings, resource efficiency, new market opportunities, competitive advantages and in line with the trend towards sustainable development. It also lays the groundwork for extensive future research, offering promising opportunities for the development of the building materials industry, environmental sustainability and addressing fundamental challenges in the construction industry. All of this is in line with the Green Deal.

➤ The practical significance of the dissertation is confirmed by acts and certificates on the implementation of the research results in the educational process of NAU (Implementation Act of January 8, 2024) and Shanghai Jiao Tong University (Certificate No. 200240 of January 17, 2024), in the engineering activities of leading construction organizations in China: Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd. (Certificate No. 86-21-55000000 dated February 24,

2023), Wuhan Xinjuxin Construction Engineering (Certificate No. 430040 dated June 8, 2023), Yantai Shiteng Building Materials Co., Ltd. (Certificate No. 265504 dated December 23, 2023).

5. Evaluation of the dissertation content. The dissertation consists of an abstract, introduction, 5 chapters, general conclusions, references and appendices. The total volume of the dissertation is 213 pages, including 135 pages of the main text. The work contains 60 figures, 57 tables and 2 appendices. The list of references includes 226 sources. The text of the dissertation is written in English with an annotation in Ukrainian on 8 pages.

Thus, the work meets the requirements of the Ministry of Education and Science of Ukraine for dissertations for the degree of Doctor of Philosophy in terms of volume and structure. The text of the dissertation is presented with the correct use of scientific terminology in a logical sequence.

The introduction argues the relevance of the topic of the dissertation, formulates the purpose and objectives of the study, substantiates the scientific novelty and practical value of the research results, and highlights information on their testing, as well as the personal contribution of the applicant.

In the first chapter of the dissertation, the author collected basic information about CNTs, asphalt and cement concrete, as well as the most common materials and aggregates used for their manufacture. The total volume of the first section does not exceed 12% of the main text.

The second chapter outlines the theoretical background for the study of modified asphalt concrete, proposes the classification and methods of using asphalt additives, describes the methods, processes and technology used to modify organic and polymeric bitumen mixtures using CNTs.

The third chapter provides theoretical background for the study of modified cement concrete, analyzes the parameters and requirements for concrete nanomodifiers and superplasticizers, and proposes methods and specifications for testing modified inorganic and concrete mixtures with polymer additives and CNTs.

The fourth chapter highlights the results of experimental studies of modified asphalt concrete, reveals the regularities of the influence of the introduction of CNTs into the composition of the main mixture improvers on the final physical, mechanical, and strength characteristics of asphalt concrete, and conducts a graphical and analytical analysis of the results obtained.

The fifth chapter presents the results of experimental studies of modified cement concrete, in particular, the positive effect of the use of CNTs and mineral additives on the main physical and mechanical parameters of the studied mixtures, namely fluidity and frost resistance, hardening period and corrosion resistance, and a comprehensive analysis of the obtained research results.

The general conclusions reveal the content and purpose of the research and reflect the main results obtained in the dissertation.

The presentation of the text of the dissertation is clear enough, and minor syntactic and grammatical errors in the dissertation do not affect the positive assessment of the presentation style.

The dissertation design corresponds to the regulatory requirements.

6. Completeness of the scientific positions reflection in published works, assessment of the research results approbation. Yang Shilin's dissertation is an independent scientific work that contains theoretical provisions and conclusions, the author's own ideas and developments that allow her to solve the tasks set. All the conclusions and practical recommendations presented for defense were developed by the dissertator personally. The most important ideas, conclusions, and recommendations obtained in the dissertation were presented at 8 scientific and practical conferences, including international and national ones.

The main provisions of the dissertation are published in 24 printed works, of which 16 are scientific papers in periodicals indexed in the Web of Science database, 8 are materials and abstracts of reports at conferences.

7. Comments on the dissertation:

- the work does not contain information on the planning of a multifactorial experiment, which was actually conducted during the dissertation;
- the holistic perception of the material presented in the dissertation is complicated by the lack of a structural and logical scheme of experimental research and the work itself;
- page 31 mentions an oxide (Pe_2O_3) of a chemical element (Pe) unknown to modern science, which is also absent from the periodic table;
- numerous experimental tests of various prototypes were performed in the work, but their total number is not indicated anywhere, and there are no references to regulatory documents that determine the choice of their overall dimensions (2*2*2 cm and 4*4*16 cm);
- a comprehensive comparison of individual experimental results with theoretical engineering calculations and digital modeling is lacking for a general understanding of the importance of the results of the work.

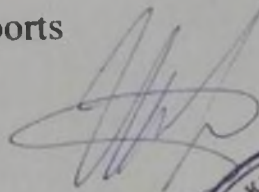
8. General conclusions. The above comments do not reduce the overall positive impression and significance of the completed dissertation. The dissertation under review, in terms of relevance, degree of novelty, validity, scientific and practical value of the results obtained, corresponds to the specialty 192 "Construction and Civil Engineering" and the requirements of the Procedure for the preparation of higher education applicants for the degree of Doctor of Philosophy and Doctor of Science in higher education institutions (research institutions), approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 23.03.2016 № 261 (as amended by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Amendments to Certain Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine on the Preparation and 6-9 of the Procedure for Awarding the Degree of Doctor of Philosophy and Cancellation of the Decision of a One-time Specialized Academic Council of a Higher Education Institution or Research Institution to Award the Degree of Doctor of Philosophy, approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 44 of January 12, 2022.

The work is relevant and has practical significance, and its author, Yang Shilin, deserves to be awarded the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 19 "Architecture and Construction" in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering".

Reviewer:

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Computer Technologies
Construction and Reconstruction of Airports
National Aviation University

Oleksandr HORB



«22» Вісень 2024



[Handwritten signature]