

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Голова комісії з реорганізації,  
в.о.ректора НАУ



« 18 » березня 2024 року

## **ВИСНОВОК**

**Національного авіаційного університету (далі – НАУ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Шао Мейюй на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» на тему: «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах»**

## **ВИТЯГ**

із протоколу № 3 розширеного засідання кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів  
Національного авіаційного університету  
від 06 лютого 2024 року

**Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів:**

Лапенко О.І., д.т.н., професор кафедри;  
Барабаш М.С., д.т.н., професор, професор кафедри;  
Степанчук О.В., д.т.н., професор, професор кафедри;  
Махінько Н.О., д.т.н., доцент, професор кафедри;  
Горб О.Г., к.т.н., доцент, доцент кафедри;  
Скрєбнєва С.М., к.т.н., доцент, доцент кафедри;  
Костира Н.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри;  
Родченко О.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри;  
Грабовчак В.В., к.т.н., доцент кафедри;  
Омельченко К.В., к.т.н., доцент кафедри;  
Шевченко О.В., PhD, доцент кафедри;  
Машков І.Л., старший викладач кафедри;  
Дашкова С.В., асистент кафедри;  
Козятник Т.М., завідувач лабораторією кафедри;  
Гира Т.С., провідний фахівець кафедри



**Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники інших кафедр НАУ та запрошені науковці:**

Дубик О.М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри Інфраструктури авіаційного транспорту;

Трачевський В.В., к.х.н., доцент, старший науковий співробітник Інституту хімії високомолекулярних сполук;

Павлова С.В., д.т.н., професор, головний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України;

Чепіженко В.І., д.т.н., професор, головний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України.

**Слухали:**

Доповідь здобувачки кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ Шао Мейюй на тему «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Тему дисертаційного дослідження «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах» затверджено на засіданні Вченої ради факультету наземних споруд і аеродромів 11 листопада 2021 року, протокол № 11, скориговано та затверджено на засіданні Вченої ради факультету наземних споруд і аеродромів 13 листопада 2023 року, протокол № 10.

Науковий керівник Барабаш Марія Сергіївна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ.

Доповідачка на початку доповіді зосередила увагу на передумовах дослідження та пов'язаних з ним існуючих дослідженнях щодо волокон золи, гарячого, холодного та епоксидного асфальтобетону. Як і в більшості країн, фактичний термін служби асфальтобетонних покриттів в Україні нижчий за нормативний, що, безсумнівно, тягне за собою величезні економічні витрати на будівництво нових доріг або ремонт існуючих. Асфальт, як термопластичний матеріал, чутливий до транспортних навантажень і кліматичних факторів, що швидко призводить до появи таких дефектів, як тріщини і вибоїни в дорожньому покритті, дефектів в асфальтобетоні зазвичай можна уникнути шляхом правильного підбору (проекування) компонентів асфальтобетону. У цій статті розглядаються три типи асфальтобетону, модифіковані з існуючих, які використовуються на практиці з дуже хорошими результатами. Гарячий асфальтобетон - це різновид будівельного матеріалу, що використовується для мощення та ремонту доріг, він має високу плинність при високій температурі, не потребує ущільнення і є водонепроникним, гарячий асфальтобетон також має хорошу міцність і еластичність, він може витримувати тиск інтенсивного руху, і



в той же час зберігає певний ступінь еластичності при зміні температури, щоб зменшити появу тріщин, гарячий асфальтобетон широко використовується на автомагістралях, міських дорогах, автостоянках, злітно-посадочних смугах аеропортів та інших наземних покриттів. Він також часто використовується для мостових настилів і деяких промислових підлог, які вимагають високої стійкості до стирання. Холоднолитий асфальтобетон швидко відкриває ремонтні ділянки і пропонує значні економічні переваги, не вимагає високих температур, його можна зберігати і транспортувати при кімнатній температурі, що робить логістику простішою і економічнішою, економить енергію і знижує викиди парникових газів. Епоксидний асфальтобетон значно покращує властивості і термін служби асфальту за рахунок додавання епоксидних смол, епоксидний асфальтобетон має вищу стійкість до стирання, ніж звичайний асфальтобетон, і підходить для доріг і злітно-посадкових смуг аеропортів з інтенсивним рухом. Хоча епоксидний асфальт дорожчий за традиційний асфальт, епоксидний асфальтобетон зазвичай служить довше, ніж традиційний асфальтобетон, зменшуючи частоту ремонтів і замінів, і все ще є економічні переваги використання епоксидного асфальту протягом усього життєвого циклу асфальту. На відміну від традиційного асфальту, епоксидному асфальтобетону потрібен час для затвердіння. Дослідження показали, що волокна можуть значно покращити фізико-механічні властивості асфальту, в цій роботі ми використовували волокна летючої золи з китайської теплової електростанції, змодельовані за зразком базальтових волокон, і в цій роботі ми досліджуємо можливість модифікації гарячого, холодного та епоксидного асфальтобетону за допомогою контрольованих експериментів.

Шао Мейюй пояснила застосування трьох типів асфальтобетону. Гарячий асфальтобетон в основному використовується для шорсткості тонких покриттів та існуючих асфальтобетонних і цементобетонних покриттів. Він вимагає суворого дотримання робочих температур і оптимального співвідношення асфальту і мінеральної пилу під час виробництва і укладання, при правильних пропорціях і матеріалах в поєднанні з правильною технологією, гарячий литий асфальтобетон можна використовувати не тільки для реставраційних робіт, але і для якісного зносостійкого шару, який служить більше 20 років. Холоднолитий асфальтобетон широко використовується у велодоріжках, аеропортах та парках і характеризується високими експлуатаційними характеристиками, екологічністю та низькою вартістю. Швидкість зчеплення холодного литого асфальтобетону є ключовим показником, і в цій главі розглядаються асфальт, емульгатор і полімерні модифікатори, які впливають на швидкість зчеплення. Національні та міжнародні дослідники погоджуються, що важкий, високосмолистий, з низьким вмістом парафіну, висококислотний дистилатний бітум, що містить нафтеніві ароматичні вуглеводні, є найбільш придатним для технології холодного лиття асфальтобетону, але такий дистилатний бітум є дуже дорогим через складність його видобутку та транспортування. Перевага Redipave полягає в тому, що він дозволяє використовувати окислений асфальт і поверхнево-активний камінь. Існує два основних способи підвищення когезійної міцності холодного литого асфальтобетону: використання спеціальних емульгаторів, полімерних добавок



або реакційноздатних наповнювачів у складі асфальтобетонних емульсій (в Україні найчастіше використовуються Redicote 505, Redicote 540 та Stabiram); та використання полімерних модифікаторів для покращення експлуатаційних характеристик окислених асфальтобетонів та катіонних асфальтобетонних емульсій на їх основі, які традиційно використовуються на ринку України. катіонні асфальтобетонні емульсії (Tortex A, Tortex B, AlGoltex C та Butonal NS 198, які широко використовуються в Україні). Крім того, проведені дослідження довели можливість використання кумаронової смоли як модифікатора для підвищення температури розм'якшення асфальтобетону та його адгезії до мінеральних матеріалів. Епоксидні смоли та затверджувачі в епоксидному асфальтобетоні утворюють жорстку полімерну сітку, яка добре зарекомендувала себе в техніці з моменту свого винаходу. Активні дослідження епоксидного асфальту проводилися в колишньому Радянському Союзі, Європі та інших країнах і регіонах, і було показано, що епоксидний асфальт має вищу механічну міцність, кращу хімічну стійкість і меншу втрату маси при зношуванні. Засобами модифікації асфальтобетону є переважно фізичні та хімічні методи, фізичні методи включають мікрохвильове, ультразвукове, магнітне поле, електричне поле тощо, хімічні методи - це в основному використання модифікаторів для модифікації асфальтобетону. Серед усіх засобів модифікування асфальтобетону волокна, особливо ті, що мають високі механічні властивості, вважаються ефективним засобом покращення міцнісних властивостей композиційних асфальтобетонних матеріалів.

Авторка присвятила увагу вихідним характеристикам та даним експериментального обладнання, а також трьом типам асфальтобетону, що використовувалися для експериментів. Для гарячого асфальтобетону використовували щебінь габро-іржавіючих інтрузивних порід фракції 5-20 мм, подрібнений та просіяний гранітний пісок, вапняковий мінеральний порошок МП-1 та асфальт БНД 100/150. Для холодного асфальтобетону ми використовували камінь, мінеральний порошок і воду, підібрані відповідно до національних стандартів, а також додали нетрадиційні модифікатори загасання -  $Al_2(SO_4)_3$  та емульгатор Redicote зі Швеції. Для приготування епоксидного асфальтобетону використовували асфальт БНД 50/70 від "Укртатнафти", гранітний камінь та мінеральний порошок відповідно до національних стандартів, епоксидну смолу CHS-EPOXY з Чехії, затверджувач Telalit та інші. Крім того, у всіх трьох типах асфальтобетону були зазначені параметри волокон летючої золи китайської теплової електростанції, доданих до всіх трьох типів асфальтобетону. У цьому розділі також описано експерименти з визначення проникнення голки, температури розм'якшення, температури крихкості, пластичності та загальної поверхневої активності асфальтобетонного каменю. Всі випробування були проведені з використанням українських національних стандартів.

Здобувачкою представлені основні принципи взаємодії матеріалів у модифікованому литому асфальтобетоні та епоксидному асфальтобетоні. Між активними частинками летючої золи, асфальтенів та асфальтових смол відбувається певна хемосорбція, яка покращує адгезійні властивості асфальту до



мінеральних матеріалів. Ми також протестували чотири первинних асфальти (два дистильованих і два окислених) і один модифікований асфальт. Отримані дані свідчать про те, що структурна класифікація асфальтів за критеріями ГХС та індексом  $K_{ста}$  не є послідовною, а також про те, що існує потенціал для окисленого асфальту демонструвати хороші властивості при приготуванні асфальтобетонних емульсій шляхом модифікації, що може знизити витрати. У цій главі також наведено дані про міцність зчеплення холоднолитого асфальтобетону, які можна використовувати для перевірки ефективності емульсій. Що стосується епоксидного асфальтобетону, визначення асфальтенів дозволяє продемонструвати значне збільшення концентрації асфальтенових полімерних сполук і агломератів, утворених з епоксидних смол, волокон і молекул асфальтену, оскільки ці епоксидні групи можуть вступати в реакцію зшивання з функціональними групами, такими як карбонові кислоти, гідроксили або аміногрупи в асфальтені. Ця реакція зшивання призводить до утворення більш стабільної сітчастої структури, яка підвищує механічну міцність і термостійкість матеріалу. Коли епоксидна смола і волокно додаються одночасно і перевищують 2,0 мас. %, енергія активації асфальту збільшується завдяки агрегації добавок з утворенням розширеної надмолекулярної структури. Випробування асфальтобетону на старіння також продемонстрували, що модифікований асфальтобетон зменшив втрату маси під час старіння. Розширення пластичного інтервалу бітуму з додаванням епоксидних смол і волокон можна пояснити збільшенням вмісту ароматичних сполук в елементному складі бітумної групи, що є результатом утворення структурних зв'язків між частинками волокон золи і вільними функціональними групами бітуму. Покращено також адгезійні властивості модифікованого бітуму, що проявляється у збільшенні роботи зчеплення (з 0,43 до 0,60) при додаванні епоксидної смоли та волокон золи-виносу.

Доповідачкою проведено випробування литого асфальтобетону та модифікованого волокнами летючої золи епоксидного асфальтобетону. Окремі експерименти були проведені для підбору складів та визначення фізико-механічних властивостей, опору зсуву та втрати маси при зношуванні кожного з бетонів. Особливо слід відзначити, що модифікований гарячелитий асфальтобетон був менш чутливим до температури і, отже, більш стійким до нагрівання і розтріскування; міцність асфальтобетону з введенням волокон летючої золи також була значно підвищена; ми також перевірили здатність модифікованого асфальтобетону протистояти деформаційним навантаженням при низьких температурах, і модифікований асфальтобетон добре показав себе при  $-5^{\circ}\text{C}$ , перевершивши вихідний асфальтобетон в середньому на 30%; крім того, додавання волокон летючої золи з теплових електростанцій Китаю зробило структуру литого асфальтобетону більш щільною, що сприяло підвищенню водонепроникності покриття. У випадку холоднолитого асфальтобетону, де набуття когезійної міцності становить великий інтерес, були проведені контрольовані експерименти, які підтвердили, що  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  і волокна летючої золи з китайської ТЕС можна використовувати як добавки з хорошими характеристиками (розгін до швидкості руху до 40 км/год за 1-1,5 години, а



досягнення критерію без обмеження швидкості - за 3 години). Асфальтобетон з  $Al_2(SO_4)_3$  та волокнами летючої золи з китайської ТЕС також показав кращу адгезію та когезію в експериментах на стирання. Хороші характеристики  $Al_2(SO_4)_3$  мають велике значення для зниження вартості модифікованого холодного литого асфальтобетону. У розділі 5 ми експериментально продемонстрували процес, за допомогою якого епоксидний асфальтобетон набуває міцності. Ми також експериментально підтвердили, що асфальтобетон з епоксидною смолою і волокнами має міцнішу адгезію до заповнювача (на 32% більшу, ніж первинний асфальтобетон), нижчу температурну чутливість (коефіцієнт температурної чутливості збільшився на 23-28%), вищу міцність і кращу стійкість до зсуву (майже втричі кращу стійкість до утворення колії через 42 дні). Використовуючи контрольовані випробування, ми дійшли висновку, що додавання 3,5% епоксидної смоли і 4,0% фібри є найбільш корисною добавкою для асфальтобетону. Насамкінець наведено спосіб приготування та технічний опис епоксидно-волокнистого асфальту.

Підсумовуючи, можна сказати, що волокна летючої золи з китайської ТЕС покращують експлуатаційні характеристики трьох типів асфальтобетону, описаних у статті. Вони є достатньо екологічно чистими та економічно ефективними, щоб їх можна було розглядати для широкого використання.

Структура та обсяг дисертації зумовлена метою і логікою дослідження та складається з анотацій англійською та українською мовами, вступу, п'яти розділів, які об'єднують 13 підрозділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

#### **Запитання до здобувача:**

1. **Скребнєва С.М.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ.

**Запитання:** Який ваш особистий внесок у проведенні дослідження?

**Відповідь:** Дякую за запитання. Мій особистий внесок в основному полягає в аналізі та організації літератури, проведенні експериментів, зборі даних, написанні та редагуванні статей. Зокрема, це експерименти на міцність на стиск при різних температурах, випробування на стійкість до утворення колії, випробування на оброблюваність ЛЕМС, випробування на зносостійкість і так далі.

**Запитання:** Чи знайомі ви особисто зі своїми співаторами і чому серед них є особа, сфера наукових інтересів якої досить далека від вашої?

**Відповідь:** Дякую за запитання. Я дуже добре знайома з усіма чотирма співавторами, і робота триває вже давно, хоча професор Валерій Першаков не займався дослідженнями асфальтобетону, він відіграв важливу роль у всій методології дослідження, управлінні проектом і нагляді за ним на початку дослідження.

2. **Лапенко О.І.**, д.т.н., професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ.

**Запитання:** Де і на якому обладнанні ви виконували ваші випробування?

**Відповідь:** Дякую за запитання. Ми проводили експерименти в Україні та



Китаї, в яких використовували дуже велику кількість супутніх приладів, таких як гідравлічні преси, змішувачі, голкопробивні прилади, кільцево-кулькові апарати, прилади для випробування на пластичність і так далі.

**Запитання:** Якими державними нормами регламентується використання ваших новітніх матеріалів у Китаї?

**Відповідь:** Технічні умови будівництва асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг, Технічні умови проектування цементобетонних покриттів автомобільних доріг та інші відповідні закони.

3. **Махінько Н.О.**, д.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ.

**Запитання:** Який економічний ефект від вашої наукової роботи?

**Відповідь:** Дякую за запитання. У нашому дослідженні ми підтвердили, що волокна золи мають значний модифікуючий вплив на бетон, а також підтвердили модифікуючий вплив сульфату алюмінію на холоднолитий асфальтобетон. Летюча зола є відходами виробництва. Накопичення золи-виносу займає земельні ресурси, а скидання золи-виносу також забруднює навколишнє середовище. Вторинна утилізація летючої золи є екологічно безпечною та економічно вигідною. Сульфат алюмінію є дешевшим модифікатором, ніж звичайні..

4. **Грабовчак В.В.**, к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ..

**Запитання:** Китайські золи відносять до кислих і характеризуються низьким вмістом оксидів алюмінію і кремнію. Якими компонентами ви компенсували вміст алюмінієвої складової, оскільки від її вмісту залежить взаємодія складових матеріалу?

**Відповідь:** Дякую за запитання. При модифікації холодного литого асфальтобетону ми спробували використовувати сульфат алюмінію як новий модифікатор. Експерименти показали, що сульфат алюмінію покращує адгезію асфальтобетону і сприяє затвердінню бетону. Це компенсує низький вміст алюмінію в летючій золі китайських теплових електростанцій.

5. **Павлова С.В.**, д.т.н., професор, головний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України.

**Запитання:** Яким чином зміна кліматичних умов впливає на фізико-механічні властивості матеріалу, що ви досліджували?

**Відповідь:** В цілому, коефіцієнти температурної чутливості бетонів з додаванням волокон летючої золи були підвищені, що означає, що модифікований асфальтобетон є більш стабільним при високих температурах і менш схильним до крихкого розтріскування при низьких температурах.

## ВИСТУПИЛИ:

### Висновок наукового керівника

Після відповідей на запитання було озвучено висновок наукового керівника Барабаш М.С., доктора технічних наук, професора, професора кафедри



комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ.

У період перебування в аспірантурі Мейюй Шао зарекомендувала себе як досвідчений науковець, проявила наполегливість в організації підготовки та проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, довела уміння ефективно й комплексно використовувати свої знання як дослідника, так і практика. Вона брала активну участь у науковій роботі кафедри.

Мейюй Шао уміло самостійно провела аналіз літератури, сформував мету та задачі дослідження. На основі проведеного аналізу було подано опис та запропоновано підхід у вирішенні питань щодо доцільності та ефективності використання фібри із золи у дорожньому та аеродромному будівництві.

Дисертаційна робота є актуальною, має новизну і практичну цінність. Викладені висновки дисертації корисні для сучасної галузі будівництва автомобільних доріг і аеродромів.

У роботі опрацьовано багато різнопланового наукового матеріалу, значну кількість наукових праць, які дозволили узагальнити наявний світовий досвід.

Дисертаційна робота від початку і до кінця виконувалася дисертантом самостійно і має незаперечне практичне значення для поліпшення експлуатаційних можливостей автомобільних доріг і аеродромів. Якість матеріалів дисертаційної роботи висока, робота має дуже вагомий та цінний експеримент, який був проведений на спеціальному обладнанні у дослідницьких лабораторіях Шанхайського університету Цзяо Тонг Північного університету Мінцзу Інституту оцінки вимірювальних приладів Чунцінського метеорологічного бюро (КНР).

Зацікавленість сферою своєї діяльності та наполегливість, яка притаманна Шао Мейюй, дозволила їй виконати дисертаційну роботу самостійно і отримати вагомий науковий результат.

Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідалися й обговорювалися на 9 науково-практичних конференціях у провідних вищих навчальних закладах України та КНР.

За тематикою наукового дослідження підготовлено та опубліковано у співавторстві 11 наукових статей, з яких усі опубліковані у виданнях, що входять до наукометричної бази Web of Science.

Мейюй Шао успішно виконав індивідуальний план наукової роботи та індивідуальний навчальний план. Підготовлена дисертація готова до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

З огляду на важливість і актуальність поставленої задачі, достатній обсяг теоретичних та експериментальних досліджень, отримання нових наукових і практичних результатів, впровадження розробок у навчальний процес і в практичну діяльність можна зробити висновок, що дисертаційна робота «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах», відповідає вимогам до дисертаційних наукових робіт відповідно до «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022



року, а її автор – Мейюй Шао заслуговує на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

### **Обговорення дисертаційного дослідження**

**Степанчук О.В.**, д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ.

Рецензент зазначив, що аспірантка запам'яталася йому як старанна здобувачка з часів навчання на 1 і 2 курсах аспірантури. Хоча дійсно були якісь проблеми в спілкуванні, тому що все таки це іноземці, але це люди, які здатні вирішувати якісь питання наукові і на достатньому рівні. Щодо самої роботи, то ми бачимо, що дана тема є актуальною, дійсно на сьогоднішній день може бути впроваджена в нашій країні і, як вони передбачають, у себе на батьківщині, в Китаї. Тому я вважаю, що робота відповідає спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» і кількість публікацій, виступи, апробація роботи на конференціях говорить про те, що робота гідна і може бути подана до разової спеціалізованої вченої ради для захисту.

**Трачевський В.В.**, к.х.н., доцент, старший науковий співробітник Інституту хімії високомолекулярних сполук.

Рецензент зауважив, що ця робота є дуже актуальна. Однак не тільки в Китаї, а й на території України також. Теплоелектростанція 5, яка знаходиться у нас в Києві має на своїй території десятки тисяч золи виносу, тому ця робота є й екологічною. Ну якщо розглядати питання ефективності, економічності, то зрозуміло, що територія, яка звільниться принесе фінансовий зиск. І зараз є дві технології введення золи винесення для отримання цементобетонів. За першою технологією зола може десь 20% замінювати цемент і отримувати ці ж параметри експлуатаційні, що і без золи винесення. А зараз розроблена технологія, що дозволяє замінювати до 80% цементу на золи винесення після технологічної обробки. А все інше залишається. Тому ця проблема розглядається не тільки у нас, вона розглядається в усьому світі, тому що окрім золи винесення є ще шлаки металургійні, тому робота дуже актуальна і її можна продовжувати. А ще дуже гарна суміш – вуглецеві нанотрубки і золи винесення.

**Павлова С.В.**, д.т.н., професор, головний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України.

Робота фахівцю виявилася дуже цікава і не викликала сумніву в тому, що вона є актуальною. Ми всі ходимо і їздимо по дорогах, і знаємо, яка проблема – асфальт. Я вважаю, що родзинкою цієї роботи є експериментальна частина. Робота практична, направлена на вирішення реальної проблеми, в межах якої і були проведені реальні експерименти. І ми знаємо, що дисертаційна робота на здобуття доктора філософських наук – це кваліфікаційна робота і вона підготовлена так, що відповідає усім вимогам до таких робіт. На мій погляд рецензента, також, вона має гарну апробацію, дуже якісні публікації, які підтверджують результати, отримані в дисертації. Тому можна допускати роботу до захисту.



## ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на тему «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»**

Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами науково-дослідних робіт. Сьогодні, як і в більшості інших країн, фактичний термін служби асфальтобетонних покриттів в Україні є нижчим за нормативний. Передчасні ремонти та відновлення покриття вимагають мільйонів доларів додаткових витрат, які можуть бути витрачені на будівництво нових доріг та реконструкцію існуючих. Однією з основних причин швидкого руйнування покриттів в умовах інтенсивного та важкого руху є властивості асфальтобетону. З усіх дорожньо-будівельних матеріалів асфальтобетон є найбільш чутливим до впливу транспортних навантажень, погодних та кліматичних факторів. Будучи термопластичним матеріалом, він розм'якшується при високих літніх температурах і стає крихким при низьких зимових температурах. Це, у поєднанні зі слабкою адгезією асфальту до каменю, може призвести до утворення колій, тріщин, вибоїн та кратерів у покритті.

Враховуючи вищесказане, спрямована зміна властивостей асфальтобетону є найбільш ефективним способом покращення експлуатаційних характеристик та довговічності дорожнього покриття.

Модифікування асфальтобетону та асфальтобетону різними добавками та полімерами набуло значного поширення. Ця дисертація зосереджена на трьох типах асфальту та асфальтобетону: гарячий литий асфальтобетон, холодний литий асфальтобетон та епоксидний асфальтобетон.

Однією з провідних сучасних технологій, що дозволяє вирішити проблему захисту конструктивної основи дорожнього одягу та швидко відновити його транспортно-експлуатаційні характеристики, є застосування тонких шарів покриття з гарячого асфальтобетону або литих емульгованих мінеральних сумішей.

Завданням обладнання ТП з цих матеріалів є продовження терміну служби існуючих покриттів, оскільки воно герметизує дрібні тріщини і невеликі вибоїни, значно покращує шорсткість і зчеплення, однорідність покриття, запобігає утворенню тріщин, відштовхує водонасичення, а в цілому - відновлює знос або захищає існуючий поверхневий шар дорожнього покриття.

Ця технологія набуває популярності в Україні з 1990-х років. Проте вона ще не набула широкого розповсюдження, оскільки етап проектування складу сумішей ще недостатньо вивчений. Однією з виявлених проблемних ділянок при застосуванні цієї технології є використання в якості регуляторів розпаду сумішей матеріалів, що знижує швидкість набору когезійної міцності укладених ливарних сумішей, а також твердіння щільно сформованих тонких шарів покриттів і своєчасне відкриття руху по ним.

Крім того, в країнах Західної Європи, Америки та Австралії



спостерігається значний інтерес до використання термореактивних полімерів (наприклад, епоксидних смол) в якості модифікаторів. Різні типи асфальтобетонних сумішей, що містять епоксидні смоли, відомі як епоксидний асфальт.

Дослідження продемонстрували економічну доцільність використання відносно дорогих епоксидних асфальтобетонних покриттів на ділянках з високою інтенсивністю руху, з довшим терміном служби (30 років і більше) і відсутністю витрат на ремонт і обслуговування.

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 «Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища». 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).

**Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.** Завданнями даної роботи були розробка складів та дослідження властивостей гарячих литих асфальтобетонів та холодних емульсійних мінеральних сумішей з використанням фіброволокна золи-виносу ТЕС Китаю для застосування в тонких покриттях доріг різних категорій та значень, розробка складів гарячих дрібнозернистих асфальтобетонів з додаванням епоксидної смоли та фіброволокна золи-виносу вітчизняних ТЕС, дослідження фізико-механічних властивостей асфальтобетонів з додаванням епоксидної смоли.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, які захищаються.** Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані автором у дисертаційній роботі, відповідають вимогам до такого виду досліджень, ґрунтуються на узагальненні поглядів та дослідженні ідей провідних вітчизняних і зарубіжних учених, використанні системи загальнонаукових і спеціальних методів. У роботі використано значну кількість джерел інформації, наведено дані про апробацію результатів на науково-практичних конференціях та впровадження розробок автора у практичну діяльність промислових підприємств. Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій доведена обґрунтованістю прийнятих припущень, використанням апробованих методів теоретичних досліджень, встановленням адекватності результатів теоретичних досліджень експериментальним даним. У цілому наукові результати, отримані в дисертації, є достовірними, науково обґрунтованими та доказовими.

**Наукове значення роботи.** Основні результати дослідження достатньою мірою обґрунтовані. Їх наукова значимість і достовірність не викликає сумнівів, оскільки вони отримані в результаті аналітичної роботи та особистої практики здобувача. Автором чітко окреслені та лаконічно побудовані мета та завдання дослідження, обґрунтовано теоретичні підходи щодо їхнього виконання, розроблено та апробовано відповідні рекомендації, які у своїй комплексності є



науковим способом вирішення поставлених завдань. Висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на дослідженнях автора.

### **Практичне значення та використання результатів роботи.**

Вперше продемонстровано можливість, принцип та ефект модифікації гарячого литого асфальтобетону, холодного литого асфальтобетону та епоксидного асфальтобетону волокнами летючої золи теплової електростанції в Китаї, що відкриває ідею модифікації асфальтобетону, а також збільшує використання волокон летючої золи, що має економічні та екологічні переваги.

Проаналізовані волокна летючої золи з китайських теплових електростанцій. Виявлено, що в Китаї існує інфраструктура та можливість модифікувати асфальтобетон. Подібно до волокон летючої золи, базальтові волокна добре зарекомендували себе в модифікації асфальтобетону, але мають високу вартість. Волокна з летючої золи, однак, недорогі, а летюча зола є промисловим відходом, який, у разі використання в практичних проектах, дозволить знизити витрати і сприятиме захисту навколишнього середовища. Експериментальний метод є основним методом перевірки того, чи можуть волокна летючої золи з теплових електростанцій в Китаї покращити експлуатаційні характеристики цих трьох типів асфальтобетону. Відібрано сировину для подальших експериментів, протестувавши її відповідно до національних стандартів України. Проведено випробування механічних властивостей, випробування на старіння та термостійкість асфальтобетону до та після модифікації волокнами летючої золи. Автоматизовані випробування властивостей включають випробування на міцність на стиск, на вигин, на розтяг тощо. Для порівняння результатів дослідження були проведені паралельні випробування зразків безволокнистого епоксидного асфальтобетону та звичайного дрібнозернистого бетону.

Практичне значення дисертаційної роботи підтверджене сертифікатами про впровадження результатів дослідження в навчальний процес Shanghai Jiao Tong University (від 17 січня 2024 року), в інженерну діяльність провідних будівельних організацій Китаю: Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd. (від 12 лютого 2023 року), Wuhan Xinjuxin Construction Engineering (від 16 квітня 2023 року), Yantai Shiteng Building Materials Co., Ltd. (від 26 жовтня 2023 року).

**Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора.** Дисертація Шао Мейюй 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 наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних та всеукраїнських: «Всесвітня конференція з нанотехнологій та матеріалів» (Іньчуань, Китай, 2022), «Авіаційні, водні та наземні технології сталого транспорту в 21 столітті» (Іньчуань, Китай, 2023), «ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки» (Київ, 2023), «Авіація в ХХІ Столітті – «Безпека в авіаційних і космічних технологіях» (Київ, 2022), «Досягнення в галузі цивільних та екологічних



інженерних досліджень» (Сіань, Китай, 2022), «Ефективні технології в будівництві» (Київ, 2021), «Архітектура та екологія» (Київ, 2021), «Політика. Сучасні проблеми науки» (Київ, 2021), «АВІА-2021» (Київ, 2021).

Основні положення дисертації опубліковані у 20 друкованих працях, із яких 11 – наукові праці – у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Web of Science, 9 – матеріали і тези доповідей на конференціях.

**Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації**

*Статті у фахових періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Web of Science:*

1. Bieliatynskiy, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022). Investigation of the properties and technologies of epoxy asphalt concrete preparation with the addition of fiber from fly ash of Thermal power plants. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 27(5), 2070–2087. UTL: <https://doi.org/10.1080/19648189.2022.2110160>.

*Особистий внесок автора: запропоновано методика дослідження властивостей та технології приготування епоксидного асфальтобетону з додаванням фібри з летючої золи теплових електростанцій.*

2. Bieliatynskiy, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022b). Investigation of the properties of cast asphalt concrete mixture with the addition of fiber from the fly ash of Thermal power plants. *Materials Science-Poland*, 40(4), 125–146. UTL: <https://doi.org/10.2478/msp-2022-0042>.

*Особистий внесок автора: проведено теоретичні дослідження властивостей литої асфальтобетонної суміші з додаванням волокна з летючої золи теплових електростанцій.*

3. Bieliatynskiy, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022c). The use of fiber made from fly ash from power plants in China in road and airfield construction. *Construction and Building Materials*, 323, 126537. UTL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126537>.

*Особистий внесок автора: проведено теоретичні вишукування та аналіз використання волокна, виготовленого з летючої золи електростанцій у Китаї, у будівництві доріг та аеродромів.*

4. Bieliatynskiy, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022c). Study of concrete properties based on crushed stone sand mixture and fiber of fly ash of thermal power plants. *Science and Engineering of Composite Materials*, 29(1), 412–426. UTL: <https://doi.org/10.1515/secm-2022-0167>.

*Особистий внесок автора: виконано аналітичний підбір складів бетону на основі щебенево-піщаної суміші та волокна золи-виносу теплових електростанцій.*

5. Bieliatynskiy, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022d). Study of crushed stone-mastic asphalt concrete using fiber from fly ash of Thermal power plants. *Case Studies in Construction Materials*, 16. UTL: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00877>.

*Особистий внесок автора: проведено оцінку новітніх типів щебенево-мастикового асфальтобетону з використанням фібри з летючої золи теплових електростанцій.*



6. Bieliatynskyi, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022c). Peculiarities of the use of the cold recycling method for the restoration of Asphalt Concrete Pavements. *Case Studies in Construction Materials*, 16. UTL: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00872>.

*Особистий внесок автора: обґрунтовано доцільність використання методу холодного ресайклінгу для відновлення асфальтобетонних покриттів.*

7. Yang, S., Bieliatynskyi, A., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022). Asphalt concrete based on a polymer-bitumen binder nanomodified with carbon nanotubes for road and airfield construction. *Journal of Polymer Engineering*, 42(5), 458–466. UTL: <https://doi.org/10.1515/polyeng-2021-0345>.

*Особистий внесок автора: вивчено передумови та проведено дослідження асфальтобетонів на основі полімер-бітумного в'язучого, наномодифікованого вуглецевими нанотрубками для дорожнього та аеродромного будівництва.*

8. Bieliatynskyi, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022a). Features of the hot recycling method used to repair asphalt concrete pavements. *Materials Science-Poland*, 40(2), 181–195. UTL: <https://doi.org/10.2478/msp-2022-0021>.

*Особистий внесок автора: запропоновано нові способи визначення особливостей методу гарячого ресайклінгу для ремонту асфальтобетонних покриттів.*

9. Bieliatynskyi, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022e). Study of Carbon Nano-modifier of fly ash in cement concrete mixtures of civil engineering. *Science and Engineering of Composite Materials*, 29(1), 227–241. UTL: <https://doi.org/10.1515/secm-2022-0018>.

*Особистий внесок автора: виконано збір статистичної інформації для порівняльного аналізу результатів дослідження вуглецевого наномодифікатора летючої золи в цементобетонних сумішах цивільного будівництва.*

10. Bieliatynskyi, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2022a). Comparative analysis of the influence of various materials on the state of the roadside environment during the road repair. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 15523–15530. UTL: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23212-4>.

*Особистий внесок автора: проведено попередній статистичний аналіз передумов порівняльного аналізу впливу різних матеріалів на стан придорожнього середовища під час ремонту доріг.*

11. Bieliatynskyi, A., Yang, S., Pershakov, V., Shao, M., & Ta, M. (2023). State of the roadside environment from repair works using various materials. *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 54(6), 717–724. UTL: <https://doi.org/10.1002/mawe.202200244>.

*Особистий внесок автора: оцінено результати дослідження стану придорожнього середовища від ремонтних робіт з використанням різних матеріалів.*

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

1. Andrii Bieliatynskyi, Shao Meiyu, Yang Shilin. Application of high-strength cement concrete and asphalt concrete based on nanomodified carbon nanotubes polymer-bitumen binder for the construction of roads and airfields.



International conference “World Conference on Nanotechnology and Materials”, Xiamen, Nov. 18-20, 2022.

*Особистий внесок автора: розробка методу диспергування вуглецевих нанотрубок.*

2. Andrii Bieliatynskyi, Shao Meiyu, Yang Shilin. Application of high-strength cementconcrete and asphalt concrete. International Academic Conference on Aviation, Water and Land Sustainable Transportation Technology in the 21st Century, Yinchuan, China, November6-8, 2023.

*Особистий внесок автора: розробка методу диспергування вуглецевих нанотрубок та обробка результатів експериментальних досліджень.*

3. Yang Shilin, Shao Meiyu. Research of nano-modified plain cement concrete mixtures and cement-based concrete. World Congress "XXII International scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists "POLIT. Modern problems of science”, Kyiv, April 4-7, 2023.

*Особистий внесок автора: розробка методу диспергування вуглецевих нанотрубок, випробування модифікованого бетону.*

4. Shilin Yang, Meiyu Shao, Stepanchuk O.V. Research Progress on the influence of nano-SiO<sub>2</sub> on concrete properties. The Tenth World Congress "Aviation in the XXI-st Century" – "Safety in Aviation and Space Technologies", Kyiv, September 28-30, 2022.

*Особистий внесок автора: огляд літератури та методологія.*

5. Andrii Bieliatynski, Meiyu Shao. Reliability Assessment Methods of Brick Buildings. The 4th International Conference on Advances in Civil and Ecological Engineering Research (ACEER 2022), Xi’an, July 4th-7th, 2022.

*Особистий внесок автора: огляд літератури та розробка методів оцінки цегляних будівель.*

6. Zhao Hongjuan, Yang Shilin, Shao Meiyu. The current aging population and elderly residence problems/ analysis of the residential mode for the elderly in sweden. VI International scientific and technical conference "Effective technologies in construction", KNUBA, Kyiv, October 26-27, 2021.

*Особистий внесок автора: огляд та аналіз літературних джерел.*

7. Meiyu Shao, Shilin Yang, Hongjuan Zhao. Brief discussion about the application of green fabricated steel structure building system. XII International Scientific and Practical Conference "Architecture and Ecology", National Aviation University, Kyiv, November 9-11, 2021.

*Особистий внесок автора: огляд та аналіз літературних джерел.*

8. Meiyu Shao. The logical relationship and integration method between bim and the internet of things. World congress "POLIT. Challenges of science today, 5-9 April 2021".

*Особистий внесок автора: огляд та аналіз літературних джерел.*

9. Meiyu Shao, A.O. Bieliatynskyi, V.M. Pershkov. Existing problems and development direction of green airport in China. Розвиток аеропортів та прилеглих територій. XV International scientific and technical conference "AVIA-2021", Kyiv, April 20-22, 2021.



*Особистий внесок автора: огляд та аналіз літературних джерел.*

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 191 сторінку, із них 143 сторінки основного тексту. Робота включає 45 рисунків, 62 таблиці, 2 додатки. Список використаних джерел налічує 171 найменування.

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Текст дисертації викладений грамотною, доступною англійською мовою, зміст характеризується логічним та послідовним характером і містить необхідні узагальнення. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації, результати опублікованих праць чітко осмислені та обґрунтовані в тексті дисертації. Дисертація оформлена згідно з чинними вимогами.

**Характеристика особистості здобувача.** Під час підготовки дисертаційної роботи Шао Мейюй проявила себе як творча дослідниця і науковець, здатна самостійно на високому науково-методичному рівні вирішувати наукові та практичні завдання. Вона повною мірою володіє сучасними методами аналізу, має належний рівень теоретичної та практичної підготовки.

#### **УХВАЛИЛИ:**

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Шао Мейюй на тему «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах».

2. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Шао Мейюй 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 № 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, 7, 8, 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.

3. Рекомендувати дисертаційну роботу «Використання фібри із золи-винесення теплових електростанцій Китаю в сучасних асфальтобетонних сумішах», подану Шао Мейюй на здобуття ступеня доктора філософії із галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

4. Результати голосування присутніх на засіданні докторів наук та кандидатів наук: «за» – одноголосно, «проти» – немає, «утрималися» – немає.

5. Рекомендувати Вченій раді НАУ клопотати про призначення:



**Головою разової спеціалізованої вченої ради:**

Степанчука Олександра Васильовича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри інфраструктури авіаційного транспорту НАУ.

**Рецензентами:**

Грабовчак Валентину Валентинівну, кандидата технічних наук, доцента кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів НАУ;

Дубика Олександра Миколайовича, кандидата технічних наук, доцента, завідувач кафедри Інфраструктури авіаційного транспорту НАУ.

**Офіційними опонентами:**

Онищенко Артура Миколайовича, доктора технічних наук, професора, завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд Національного транспортного університету МОН України;

Бердник Оксану Юріївну, кандидата технічних наук, доцента кафедри технології будівельних конструкцій і виробів, заступник декана будівельно-технологічного факультету, Київського національного університету будівництва та архітектури МОН України.

**Головуючий на засіданні:**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри комп'ютерних  
технологій будівництва та  
реконструкції аеропортів НАУ



Олександр ЛАПЕНКО

**Секретар засідання:**

PhD, доцент кафедри комп'ютерних  
технологій будівництва та  
реконструкції аеропортів НАУ



Олександра ШЕВЧЕНКО

**ПОГОДЖЕНО:**

доктор технічних наук, професор,  
в.о. проректора з наукової роботи НАУ



Олександр КОРЧЕНКО