

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу
Гуньки Володимира Мирославовича
за темою «**Основи технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів**», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів

На сьогодні основними проблемами, з якими стикаються фахівці з одержання високоякісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва існуючими методами та технологіями виробництва дорожніх бітумів, їх наступного модифікування є відсутність можливості одержати на нафтопереробних підприємствах якісний дорожній дистиляційний (залишковий) бітум, а також незадовільні експлуатаційні характеристики асфальтобетонних сумішей (наприклад, теплостійкість та адгезія між бітумом та заповнювачем) та відсутність власного виробництва полімерних модифікаторів бітумів в Україні (вони імпортуються, що спричиняє їх високу вартість). Тобто, розроблення технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів є актуальною науково-прикладною проблемою, що визначила вектор дисертаційної роботи Гуньки В.М. Тому тему дисертації Гуньки В.М. вважаю актуальною. Вивчення рукопису та автореферату дисертації, а також на підставі сучасного стану та тенденцій розвитку технологічних процесів одержання якісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва, дозволяють дійти висновку, що дисертаційна робота Гуньки В.М. присвячена вирішенню **актуальної науково-прикладної проблеми хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів, зокрема, удосконаленню існуючих і розробленню нових технологій одержання якісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва.**

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури та сучасних уявлень про хімічне модифікування нафтових залишків і бітумів, а також вивчення технологій одержання якісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва, дозволили автору фахового визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями та методи досліджень.

Поставлені в дисертації завдання доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама наукова праця є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим вимогам.

Структура дисертації Гуньки В.М. складається з анотації, переліку скорочень та умовних позначень, вступу, шести основних розділів, висновків, списку використаних джерел (**271 найменування**) і додатків. Загальний обсяг дисертації – **451** сторінка друкованого тексту. Основний текст дисертації містить **118** таблиць, **105** рисунків і **10** додатків.

Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджується даними апробації, упровадженнями у навчальний процес і виробництво (1 акт упровадження, акт про модифікування дослідної партії бітуму, акт випробування бітумної композиції, акт про виготовлення та випробування дослідної партії гудронів, акт про одержання дослідної партії бітумів).

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, теоретично обґрунтовані й патентно захищені (за результатами досліджень отримано 3 патенти на корисну модель).

Про **корисність, новизну результатів досліджень, їх практичну значимість та особистий внесок** здобувача свідчать **48** наукових праць у провідних фахових виданнях, з яких – **2** монографії, **12** публікацій у фахових виданнях України, що включені до міжнародних науково-метричних баз даних, **7** статей у наукових періодичних виданнях інших держав, що включено до міжнародних науково-метричних баз даних Scopus та Web of Science, **3** статті у наукових фахових виданнях України, **3** патенти України на корисну модель, **21** тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій різного рівня. Опубліковані праці повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи та переважний вклад дисертанта.

Оцінка обґрунтованості наукових положень в дисертації, їх достовірності і новизни. Наукові положення, висновки, рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами експериментальних досліджень, що мають теоретичне підґрунтя. Усі висновки базуються на великому масиві матеріалів, одержаних з використанням сучасних стандартних і науково обґрунтованих методів досліджень.

Тема дисертаційної роботи **Гуньки В.М.** пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України згідно з п. 4 «Енергетика та енергоефективність», п. 5 «Раціональне природокористування» і п. 7 «Нові речовини і матеріали» статті 3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (редакція від 13.01.2024 р.), а також знаходиться у контексті положень Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

Поставлені завдання у контексті сформульованої мети досягнуто та доведено до логічного завершення, що дозволило автору одержати **шість (6)** наукових результатів, що характеризують їх **новизну**. Автором позиціонуються й репрезентуються наукові положення у такий спосіб:

1. Вивчено вплив технологічних параметрів (кількості модифікатора, температури та тривалості) на основні фізико-механічні властивості дорожніх в'язучих матеріалів, що одержані хімічним модифікуванням нафтових залишків і бітумів доступними реагентами, а саме формальдегідом, малеїновим ангідридом, поліетиленгліколями та феноло-формальдегідними смолами.

2. Доведено, що необхідні олігомери (арено-формальдегідні смоли) для модифікування, утворюються внаслідок реакцій конденсації складових частин гудрону (в основному смол і асфальтенів) із формальдегідом.

3. Встановлено, що хімічне модифікування нафтових залишків і бітумів малеїновим ангідридом протікає за температур вище 130°C (відбувається інтенсифікація приєднання малеїнового ангідриду за реакцією Дільса-Альдера), але бітуми одержані за нижчих температур характеризуються більшою в'язкістю і температурою розм'якшення, що пояснюється утворенням π - π комплексів.

4. Доведено, що під час модифікування попередньо малеїнізованих бітумів функційними олігомерами, що містять гідроксильну групу (поліетиленгліколями), можна одержати бітум-полімерні суміші, що володіють необхідною теплостійкістю та еластичністю і при цьому є стійкими до розшарування при довготривалому зберіганні за високих температур.

5. Вивчено вплив основних технологічних параметрів синтезу феноло-формальдегідної смоли на її вихід і температуру розм'якшення з метою одержання ефективного модифікатора дорожніх бітумів.

6. Показано, що використання феноло-формальдегідних смол, одержаних внаслідок поліконденсації суміші фенолів і крезолів (вилучених із кам'яновугільної смоли) із формальдегідом, у процесах модифікування бітумів, дозволяє збільшити температуру розм'якшення і, особливо, адгезійні властивості одержаних бітум-полімерних сумішей.

Практичне значення результатів теоретичних і експериментальних досліджень полягає у задекларованих автором **семи (7)** положеннях:

1. Встановлено оптимальні значення основних технологічних параметрів і запропоновано принципову технологічну схему установки одержання термореактивного модифікатора бітумів (фенол-крезол-формальдегідної смоли) з виходом 95,0 % мас. на сировину та температурою розм'якшення – 93 °С, методом поліконденсації формальдегіду із фенолами, вилученими із фенольної фракції, одержаної ректифікацією кам'яновугільної смоли на коксохімічних заводах.

2. Показано, що найбільш доцільним є використання фенол-крезол-формальдегідної смоли у кількості до 1,0 % мас. на бітум, як адгезійної добавки для одержання модифікованого бітуму марки БНД-А 70/100 згідно СОУ 45.2-00018112-067:2011. Використання модифікованого бітуму дозволяє зменшити водонасичення і збільшити міцність асфальтобетонних покриттів, що є характерним для бітумів, модифікованих адгезивами. Ефективність використання одержаної смоли, як адгезійної добавки, підтверджено результатами модифікування нею дослідної партії бітуму на ТДВ «Шляхове ремонтно-будівельне управління №88» (м. Самбір, Львівська обл.) і випробуванням зразків одержаних бітум-полімерної суміші та щебенево-мастикових асфальтобетонів марки ЩМА-15 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015 у лабораторії ТОВ «Незалежний дорожній контроль» (м. Самбір, Львівська

обл.). Також відповідність вимогам згідно СОУ 45.2-00018112-067:2011, одержаного модифікованого бітуму марки БНД-А 70/100, підтверджено результатами випробування у лабораторії ТОВ «Онур Конструкціон Інтернешнл» (м. Львів).

3. Встановлено, що оптимальною сировиною процесу хімічного модифікування формальдегідом є нафтовий залишок – гудрон. Оскільки, гудрон як правило використовується для одержання бітумів на НПЗ і не є цільовим продуктом, що реалізовується, найбільш доцільним є впровадження даної технології на НПЗ. Запропоновано принципову технологічну схему установки, що дозволить одержати бітуми різних марок за пенетрацією і температурою розм'якшення.

4. Доведено, що у залежності від кількості формальдегіду під час модифікування гудрону, можна одержати різні бітуми для асфальтобетонів за пенетрацією та температурою розм'якшення (за кількості формаліну 1,0 % мас. На гудрон – БНД 100/150 згідно ДСТУ 4044:2019; 1,9 і 3,0 – відповідно, БМПП 70/100-60 і БМПП 35/50-70 згідно ДСТУ 9116:2021). Тобто дана технологія дає змогу, у залежності від кількості модифікатора, одержувати, як в'язкі дорожні бітуми з невисокою температурою розм'якшення (до 50 °С), так і бітумні мастики з високою температурою розм'якшення (понад 80 °С). Також усі одержані гудрони, модифіковані формальдегідом відзначаються високими адгезійними властивостями по відношенню до кислих мінеральних наповнювачів асфальтобетонів (зчеплюваність з поверхнею щебеню – 4,5–5,0 балів).

5. Результати виготовлення двох дослідних партій гудронів, модифікованих формальдегідом на ПАТ «НАФТОХІМІК ПРИКАРПАТТЯ» (м. Надвірна, Івано-Франківська обл.) та випробування у ПП «ЛАБОРАТОРІЯ ЗАХІДДОРСЕРВІС» (м. Львів) підтвердили їх ефективність і відповідність згідно ДСТУ 4044:2019 для бітумів марки БНД 70/100 і БНД 35/50.

Хімічне модифікування попередньо малеїнізованих бітумів поліетиленгліколями (ПЕГ-400 і ПЕГ-2000) дозволяє одержувати бітум-полімерні композиції з температурою розм'якшення – понад 55 °С, еластичністю за 25 °С – більше 40 %, зчеплюваністю з поверхнею щебеню – 4,5–5,0 балів і які найголовніше є стійкими до розшарування при довготривалому зберіганні за високих температур, що є суттєвою перевагою у порівнянні із традиційними процесами фізичного модифікування полімерами (в основному блок-кополімером типу стирол-бутадієн-стирол – SBS). Ефективність модифікування малеїнізованого бітуму поліетиленгліколем марки ПЕГ-2000 підтверджено виготовленням дослідної партії бітум-полімерної суміші на ТДВ «Шляхове ремонтно-будівельне управління №88» (м. Самбір, Львівська обл.) і випробування одержаного в'язучого матеріалу та зразків щебеново-мастикових асфальтобетонних покриттів марки ЩМА-15 згідно ДСТУ В.2.7-127:2015 на ТОВ «Незалежний дорожній контроль» (м. Самбір, Львівська обл.).

6. Показано доцільність використання малеїнового ангідриду, як спінювача бітумів, для одержання спінених бітумів, використання яких дозволяє понизити температури приготування асфальтобетонних сумішей і ущільнення асфальтобетонів без погіршення фізико-механічних властивостей асфальтобетонних покриттів, що дозволяє зменшити вартість укладання дорожнього покриття.

7. У рамках реалізації гранту Національного фонду досліджень України «Одержання модифікованих низькомолекулярними органічними сполуками бітумів із нафтових залишків» у співпраці із ПП «Лабораторія ЗахідДорСервіс» розроблено і погоджено у встановленому порядку нормативну документацію на нові в'язучі матеріали для дорожнього будівництва, що одержано внаслідок хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів – ТУ У 19.2-02071010-183:2023 «Гудрони та бітуми, модифіковані формальдегідом. Технічні умови» і ТУУ 19.2-02071010-184:2023 «Гудрони та бітуми, модифіковані малеїновим ангідридом. Технічні умови».

Технічна новизна розробок і практична значимість роботи підтверджена та захищена 3 патентами України на корисну модель, актами упровадження, виготовлення, а також випробуваннями.

Загальна характеристика роботи.

У **вступі** описано стан проблеми та обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні завдання досліджень для досягнення мети, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, а також сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості щодо апробації роботи та публікацій, а також відзначено особистий внесок автора.

У **першому** розділі виконано ґрунтовний критичний аналіз літературних джерел стосовно сучасного стану проблеми, а також наведено інформацію про сучасне уявлення про методи одержання дорожніх нафтових бітумів та їх модифікування різними речовинами, використання яких дозволить зменшити інтенсивність руйнування дорожнього покриття та збільшити термін його експлуатації.

У **другому** розділі представлені матеріали та обґрунтовано методи досліджень, де використано стандартизовані та нестандартизовані науково обґрунтовані методи дослідження. Наведено характеристики нафтових залишків, бітумів, різних типів сировини синтезу термореактивного модифікатора, високо- і низькомолекулярних органічних модифікаторів, каталізаторів та розчинників, що використовувалися у дослідженнях під час виконання дисертаційної роботи.

Детально описано методики одержання термореактивної смоли і модифікування нафтових залишків і бітумів запропонованими речовинами. Визначення фізико-механічних властивостей для вихідних і модифікованих бітумів проводили згідно чинних нормативних документів.

У **третьому розділі** запропоновано спосіб одержання модифікованих дорожніх нафтових бітумів. Здобувачем описано технологічний процес і досліджено його технологічні параметри. На основі математичної обробки експериментальних даних знайдені оптимальні технологічні параметри синтезу термореактивної смоли-модифікатора бітумів, що можуть забезпечити максимальний вихід та ТР отриманої смоли.

У **четвертому розділі** розглянуто модифікування нафтових залишків (гудронів) і бітумів формальдегідом із одержанням нових в'язучих для асфальтобетонів.

П'ятий розділ присвячений опису процесу послідовного хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів малеїновим ангідридом (МА) та полетиленгліколями (ПЕГ) для одержання БПС, що володіють кращими теплостійкістю, еластичністю, адгезією до мінеральних наповнювачів і є стійкими до розшарування при зберіганні за високих температур. Запропоновано послідовний процес модифікування МА і ПЕГ, оскільки для одержання БПС з необхідними властивостями, спочатку необхідно, щоб відбулася взаємодія нафтового залишку чи бітуму із подвійним зв'язком дієнофіла – МА, після чого – взаємодія ПЕГ із ангідридною / карбоксильною групою МА.

У **шостому розділі** наведено порівняльний аналіз техніко-економічних показників відомих та досліджуваних технологій одержання в'язучих для дорожнього будівництва. Показано, що в'язучі для асфальтобетонів одержані хімічним модифікуванням нафтових залишків і бітумів характеризуються необхідними теплостійкістю та адгезією до кислих мінеральних матеріалів, є однорідними та стійкими до технологічного (короткотермінового) старіння. Хімічне модифікування малеїнізованих в'язучих функційними олігомерами (ПЕГ), які містять гідроксильну групу, дозволяє надати їм еластичності. При деформації покриття, із використанням таких бітумів, вони здатні до пружного відновлення, що суттєво зменшує колієутворення на дорогах.

Модифікування нафтових залишків і бітумів фенол-крезоло-формальдегідною смолою, малеїновим ангідридом та поліетиленгліколями доцільно проводити на типових промислових установка із використанням колоїдних млинів.

У той же час під час вивчення дисертації й автореферату у опонента виникли наступні дискусійні **запитання та рекомендації**:

1. Розділ перший повністю присвячено сучасним уявленням про методи одержання дорожніх нафтових бітумів та їх модифікування різними речовинами, використання яких дозволить зменшити інтенсивність руйнування дорожнього покриття та збільшити термін його експлуатації. Проте, не зрозуміло з якою метою автор багато описує відомі літературні факти, на які достатньо було б лише послатися. Натомість, у цьому розділі доцільно було б відобразити критичні висновки щодо існуючих методів одержання дорожніх нафтових бітумів та їх модифікування різними

речовинами. Значним акцентом у даному розділі бажано було б репрезентувати аналіз і вклад вітчизняних і закордонних вчених до вирішення виявленої науково-прикладної проблеми. Бажано було б зазначити вітчизняних вчених і їх розробки у контексті зазначеної проблеми.

2. Тракткування предмету дослідження у змісті дисертації та авторефераті позиціоновано дещо некоректно так як у фокусі уваги досліджень автора у контексті мети, завдань та об'єкту досліджень за аналізом рукопису знаходяться властивості традиційних і модифікованих бітумів, модифікованих в'язучих і дорожніх покриттів. Тож більш лаконічним і влучним формулюванням предмету дослідження було б, на погляд рецензента, таке – «..технологічні параметри технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів, фізико-механічні властивості в'язучих і дорожніх покриттів...».

3. У розділі 3 автором отримано експериментально-статистичну математичну модель керування процесом синтезу модифікатора та на її основі встановлено. Тут виникає додатково питання. Яке прикладне значення має дана модель та яким чином оцінена адекватність цієї моделі?

Аналогічне запитання виникає і до розділів 4.3, 5.1.3.

4. У розділі 4 автор наводить таблиці 4.17, 4.18, 4.19. Наведені дані у цих таблицях отримані автором чи з літературних джерел? Чи оцінювалась точність даних таблиці 4.19?

5. У роботі дуже багато експериментальних даних, але через їх кількість вони важко сприймаються для аналізу. Доцільно було систематизувати та сформувати зведену(і) таблицю(і) з відповідними висновками та рекомендаціями. Так, наприклад, рис. 5.14 вимагає додаткового тлумачення щодо наукового та практичного значення даного графіку. Чи використовуються результати, висвітлені на даному графіку, у подальших дослідженнях, описаних в дисертації?

6. Під час репрезентації розробленої принципової технологічної схеми автору слід було б виконати традиційний розрахунок техніко-економічного ефекту, скласти порівняльну таблицю та вказати на переваги пропонованого способу з очікуваним економічним ефектом і запропонувати практичні рекомендації до одержання якісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва та отримання більш якісних модифікованих дорожніх бітумів.

Однак, виявлені невідповідності не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На підставі вивчення дисертаційної роботи й автореферату Гуньки В. М. можна стверджувати, що дисертаційна робота «**Основи технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів**»,

є завершеною кваліфікаційною працею, в якій автором виконано прикладне та наукове дослідження щодо вивчення технологічних основ **хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів**. Мета дисертації спрямована на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів, зокрема, удосконаленню існуючих і розробленню нових технологій одержання якісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Зміст автореферату та дисертації є ідентичним і адекватно відображають основні положення дисертації.

Результати роботи містять наукову новизну та мають практичне значення. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів. Опубліковані праці є у достатній кількості та повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи та переважний вклад дисертанта.

Вирішення завдань дисертаційного дослідження та отримані нові науково-теоретичні й практичні результати у сукупності є важливими для розвитку теорії та практики перспективних технологічних процесів одержання високоякісних бітумів для дорожніх покриттів.


На підставі вищевикладеного вважаю, що дана дисертаційна робота відповідає вимогам **Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук** (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 «Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів» зі змінами згідно Постанови Кабінету Міністрів України від від 3 травня 2024 р. № 507), а сам автор, **Гуцька Володимир Мирославович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю **05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів**.

Завідувач кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського, доктор технічних наук, професор, академік Української нафтогазової академії


Сергій БОЙЧЕНКО

Т.В.О ідпис професора Бойченка С.В. СВІДЧУЮ:
Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського




Валерія ХОЛЯВКО
Анна Гірицька