

## ВІДГУК

офіційного опонента

про дисертаційну роботу *Нагурського Андрія Олеговича*  
«Модифікування бітумів з парафіністих залишків каучуками і гумою»,  
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю

05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів

Сучасні темпи та величезні проблеми стану доріг і дорожнього будівництва в нашій країні вимагають виробництва таких будівельних матеріалів, що відповідали б вимогам сучасних міжнародних стандартів, забезпечуючи надійність і довговічність. Як відомо, для підвищення довговічності, а також для поліпшення теплофізичних, механічних та інших властивостей бітуму використовуються різні методи: вдосконалення технології виробництва бітумів, модифікація бітумів, пластифікація бітумів, а також їх комбінації. У виробництві практикують змішання бітумів; окиснення розплавленого бітуму повітрям, окисненням у присутності хлориду заліза або оксиду фосфору; додавання в бітум модифікуючих присадок (наповнювачів, пластифікаторів, структуроутворювачів, синтетичних полімерів і їх сумішей).

Вивчення рукопису та автореферату дозволяють дійти висновку, що тема дисертаційної роботи **Нагурського А. О.** безумовно є актуальною та присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання розроблення технологічних основ модифікування бітумів каучуками та гумовою крихтою.

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури та сучасних технологічних методів модифікування бітумів дозволили дисертанту фахово визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями та методи досліджень.

Поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим на сьогодні вимогам.

Структура дисертації Нагурського А. О. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (136 найменувань) і 4 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 168 сторінок друкованого тексту, містить 30 таблиць і 38 рисунків. Додатки викладені на 14 сторінках. Рисунки, таблиці, додатки та список джерел використаної літератури займають 41 сторінку.

**Достовірність наукових положень та висновків** дисертаційної роботи підтверджується даними апробації, упровадженнями у виробництво та навчальний процес і технічними аспектами практичних рекомендацій.

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, теоретично обґрунтовані й патентно захищені.

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, теоретично обґрунтовані й патентно захищені.

Поставлені завдання досягнуто та доведено до логічного завершення, що дозволило автору одержати три наукових результати, що захищаються й характеризують новизну наукових положень. Автором задекларовано й трактуються наукові положення у такий спосіб.

1) вперше встановлено основні закономірності процесу модифікування бітумів, одержаних з залишків переробки парафіністих нафт, каучуками та гумовою крихтою. Показано, що введення в бітум даних модифікаторів у кількості 2–5 % мас. спричиняє підвищення еластичності та розширення температурного інтервалу використання бітумів;

2) розширено уявлення щодо механізму дії гумової крихти як модифікатора нафтових бітумів, одержаних із залишків переробки парафіністих нафт. Встановлено, що механізм залежить від температури модифікування. За низьких температур (160–180 °С) відбувається набухання гумової крихти завдяки поглинанню частини оливних компонентів. При цьому в бітумі збільшується вміст смол та асфальтенів, внаслідок чого підвищується твердість і тугоплавкість бітуму. За високих температур (220–250 °С) має місце девулканізація гуми з руйнуванням тривимірної структури. Утворені лінійні фрагменти повністю розчиняються в бітумі. При цьому збільшується вміст смол у бітумі, що спричиняє підвищення його еластичності;

3) встановлено залежність основних властивостей трикомпонентної бітумної композиції «бітум : олія : гумова крихта» від її складу і умов одержання. Показано, що найкращі властивості серед олій для одержання таких композицій має лляна.

Визначальним аспектом дисертації, на думку опонента, є низка проведених експериментів з модифікування кількох марок бітумів, отриманих з залишків переробки парафіністих нафт, каучуками та гумовою крихтою, отриманою подрібненням відпрацьованих автомобільних шин. При цьому експерименти виконувалися за різних температур і різному відсотковому вмісту

модифікаторів у бітумі. Після цього досліджувалися експлуатаційні властивості модифікованих матеріалів. Показано, що модифікування як каучуками, так і гумовою крихтою дозволяє покращити основні характеристики матеріалів, при цьому застосування гумової крихти є суттєво дешевшим і дозволяє вирішувати проблему утилізації відпрацьованих автомобільних шин.

**Практичне значення роботи** полягає в:

- розробленні методу одержання бітумів, модифікованих полімерами за ДСТУ Б В.2.7-135:2014 з використанням як вихідної сировини товарних дорожніх бітумів, вироблених з парафіністих залишків. Встановлено, що для одержання бітуму БМПА 60/90-53 необхідно модифікувати бітум БНД 60/90 2 % мас. латексу Butonal NS 198 за температури 170 °С протягом 2 год, а для одержання бітуму БМПА 40/60-57 необхідно 4 % мас. цього модифікатора. Модифікуванням дорожнього бітуму БНД 90/130 гумовою крихтою у кількості 5 % мас. за температури 160 °С протягом 4 год. можна отримати модифікований бітум марки БМПА 90/130-50, а додаванням 10 % мас. гумової крихти за цих умов – модифікований бітум БМПА 60/90-53;

- розробленні методу одержання гумово-бітумної композиції для виробництва рулонних покрівельних матеріалів холодного нанесення, що відповідає усім вимогам, що ставляться до даних матеріалів, а за температурою розм'якшення (80 °С) є значно кращою за існуючі аналоги. Встановлено оптимальний склад такої суміші: бітум БНБ 70/30 – 65,0–78,5 % мас., лляна олія – 12,5–22,5 % мас., гумова крихта – 9,0–12,5 % мас;

- розробленні основ технології процесу модифікування бітумів каучуками і гумовою крихтою. Репрезентовано принципову технологічну схему установки, складено технологічну карту, матеріальний баланс, а також проведено наближений розрахунок собівартості кінцевого продукту для різних режимів роботи установки. Також запропоновано окремі параметри проведення технологічного процесу. Також автор запропонував технічні умови на виробництво гумово-бітумної композиції для покрівельних матеріалів, що захищено патентом України на корисну модель і використано під час виконання покрівельних робіт ТзОВ «Діром» та ТзОВ «Техексперт-Захід».

Практична значимість роботи підтверджено патентом, актами виробництва гумово-бітумної композиції згідно розроблених технічних умов, виробництва покрівельного матеріалу на основі даної гумово-бітумної композиції і актом використання покрівельного матеріалу.

Автором показано, що підвищення відсоткового вмісту модифікаторів погіршує адгезійні властивості бітумів і тому підвищує технічні складнощі під

час укладання покрівельних матеріалів, виготовлених з таких бітумів. Для підвищення адгезійних властивостей автором запропоновано додавання у модифіковані бітуми рослинних олій. Вивчався вплив додавання соняшникової, ріпакової, реп'яхової, оливкової та лляної олій. Експериментально показано, що у порівнянні з іншими, додавання лляної олії суттєвіше покращує адгезійні властивості бітумів. Але при цьому, зі збільшенням вмісту олії погіршуються інші експлуатаційні властивості. Автором побудовано трикутні діаграми залежності основних експлуатаційних властивостей матеріалів від відносного вмісту в них бітуму, модифікаторів і олії. Після цього визначено співвідношення цих компонентів за яких досягаються найкращі співвідношення експлуатаційних характеристик.

Результати дисертаційної роботи використовувались під час виконання науково-дослідної роботи «Одержання бітумних і мастильних матеріалів на основі важких дистилатів і залишків переробки українських нафт» (№ держ. реєстр. 0113U001374), де автор є одним із виконавців. Наукові та прикладні положення дисертації безпосередньо пов'язані з даним проектом.

**Про корисність, новизну результатів досліджень та особистий внесок** здобувача свідчать 5 наукових праць у провідних фахових виданнях України, 3 з яких входять до міжнародних наукометричних баз, 1 патент та 11 матеріалів науково-технічних конференцій різних рівнів. Опубліковані праці повністю відображують основний зміст дисертаційної роботи.

#### **Загальна характеристика роботи.**

У вступі автор обґрунтував актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету роботи та завдання досліджень, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Тут наведено дані щодо апробації роботи та публікації, а також дані щодо особистого внеску автора.

У першому розділі виконано критичний аналіз основних властивостей та використання бітумів. Описано взаємозв'язок між складом бітуму та його властивостями. Представлено ґрунтовний опис відомих методів одержання бітумів. Проаналізовано дані щодо способів покращення якості бітумів. Надано інформацію щодо сучасних модифікаторів, що використовують для покращення властивостей бітумів, зокрема використання гуми й каучуків. На основі огляду літератури сформульовано мету та основні напрями досліджень.

У другому розділі представлено характеристики досліджуваних матеріалів, методики проведення експериментів і методики аналізів, що використовувались у дослідженнях.

**Третій розділ** присвячено вивченню основних закономірностей та механізму модифікування бітумів, одержаних зі залишків переробки парафіністих нафт, каучуками й гумовою крихтою.

З метою встановлення принципової можливості застосування еластомерів для модифікування таких бітумів використовували модифікатори, що широко використовуються у промисловій практиці.

Автором встановлено, що під час додавання до бітуму БНД 60/90 промислових модифікаторів спостерігається збільшення їх температури розм'якшення, дуктильності й зменшення пенетрації. Причому, за умов використання для модифікування бітуму латексу Butonal NS 198 досягаються найкращі показники якості. Встановлено, що за умов додавання модифікатора Butonal NS 198 підвищуються теплостійкість, еластичність бітумів і покращується низькотемпературна поведінка в'язучого. Одержанні модифіковані бітуми мають вищу стабільність і менше схильні до розшарування під час зберігання. На відміну від твердих полімерів, Butonal NS 198 можна вводити в бітум за допомогою насосу або форсунки, що є значно простішим від подачі дозаторами.

Встановлено, що під час додавання до бітуму БНД 60/90 1–2 % мас. латексу Butonal NS 198 і проведенні модифікування за температури 170 °С протягом 2 год можна одержати модифікований бітум марки БМПА 60/90-53, а під час додавання 4 % мас. модифікатора – бітум БМПА 40/60-57. Такі бітуми, модифіковані полімерами, призначені для приготування гарячих асфальто-бетонних сумішей.

Модифікування бітумів, одержаних із залишків переробки парафіністих нафт, каучуками позитивно впливає на їх основні властивості, натомість вартість модифікованих бітумів різко збільшується. Для здешевлення бітуму як модифікатор використовували гумову крихту, одержану подрібненням зношених автомобільних шин. Наявні публікації щодо використання гумової крихти у бітумному виробництві, недостатньо розкривають механізм процесу модифікування бітумів гумовою крихтою.

Встановлено, що під час модифікування бітуму гумовою крихтою в умовах низьких температур (150 °С) збільшується вміст в них смол і асфальтенів, а вміст олив зменшується порівняно з немодифікованим бітумом. За високих температур (250 °С) спостерігається підвищення вмісту смол і зниження вмісту асфальтенів і олив. Така зміна групового складу повністю корелюється зі зміною експлуатаційних властивостей модифікованих бітумів.

Результати проведених досліджень дали змогу запропонувати механізм дії гумової крихти, як модифікатора нафтових бітумів, а саме:

– в умовах низьких температур (150–180 °С) відбувається процес набухання гумової крихти (ГК). ГК поглинає частину оливних компонентів бітуму, змінюючи водночас його груповий склад. Розчинення гуми в компонентах бітуму майже не відбувається;

– за високих температур (220–250 °С) відбувається термічна девулканізація гуми з руйнуванням тривимірної структури, а утворені лінійні фрагменти розчиняються в бітумі частково або повністю.

Принцип дії гумової крихти як модифікатора нафтових бітумів полягає у зміні групового складу останнього. Внаслідок цього змінюються експлуатаційні характеристики модифікованого бітуму.

У четвертому розділі описано розроблений метод одержання трикомпонентної бітумної композиції для виробництва рулонних покрівельних матеріалів холодного нанесення. Перевагою цих матеріалів є короткий термін підготовчих робіт і легкість монтажу, що не потребує попереднього нагрівання самого матеріалу або поверхні покрівлі та застосування додаткових клеючих матеріалів.

За результатами дослідження залежності властивостей трикомпонентних систем автор встановив новий тип бітумної композиції для покрівельних матеріалів холодного нанесення. Розроблена бітумна композиція для покрівельного матеріалу холодного нанесення з використанням гумової крихти відповідає встановленим нами вимогам. Завдяки підвищеній температурі розм'якшення розроблені покрівельні матеріали мають підвищену стійкість в жарких кліматичних умовах.

У п'ятому розділі репрезентовано основи технології процесу модифікування бітумів каучуками і гумовою крихтою. Описані вимоги до технологічної установки. Запропоновано принципову технологічну схему установки одержання модифікованих бітумів і бітумних композицій спеціального призначення. Тут же описано розроблені технологічні карти процесів модифікування бітумів каучуками, гумовою крихтою та процесу одержання покрівельних бітумних матеріалів холодного нанесення. Складено матеріальні баланси цих процесів та проведено наближений розрахунок собівартості одержаних бітумних матеріалів. А також представлені технічні умови до гумово-бітумних композицій для покрівельних матеріалів.

Під час вивчення дисертації й автореферату у опонента виникли наступні зауваження:

1. У вступі відсутня інформація про те, що зроблено за даним напрямом іншими науковцями в Україні та світі. Бажано було б це під час критичного огляду висвітлити або ж послатись на відомі праці українських вчених у переліку використаної літератури.

2. Формулювання об'єкта та предмета досліджень мають кореспондуватись та співвідноситись. Автору слід було б, на думку опонента, більш коретніше викласти ці формулювання. Наприклад, об'єкт – модифікування бітумів. Предмет – закономірності технологічних процесів, фізико-хімічні та експлуатаційні властивості модифікованих бітумів. Коригування, відповідно, у цьому ж контексті, вимагає формулювання мети досліджень.

3. Розділ 1 занадто перевантажений літературним оглядом. Тут багато уваги приділено технологіям виробництва бітуму, технологіям виробництва автомобільних шин, наведено багато визначень. Разом з тим, об'єктом дослідження є процеси модифікування бітумів. У роботі вивчаються закономірності зміни властивостей бітумів у ході модифікування та розробляються особливості технологій реалізації цих процесів. Доцільно було б у літературному огляді більше уваги приділити існуючим технологіям модифікування для того, щоб краще прослідковувався зв'язок між оглядом і виконаними дослідженнями.

4. У підрозділі 2.1 надано перелік модифікаторів. При цьому для частини з них подано їх хімічні формули, а для іншої ні. Не зрозуміло чому. Коректніше було навести хімічні формули та характеристики усіх модифікаторів.

5. На стор. 61 рис. 3.1 вимагає додаткового пояснення. Чому зменшення penetрації під час приготування бітуму – це позитивний ефект?

6. На сторінці 72 (абзац 5) є посилання на рис. 3.8, тоді як з тексту абзацу та назви рисунків випливає, що посилання має бути на рис. 3.9. Це описка?

7. У розділі 4 наведено трикутні діаграми залежності основних показників трикомпонентних сумішей «бітум-олія-каучук» та «бітум-олія-гумова крихта» від співвідношення компонентів. Проте у тексті не описано яким чином будувалися ці залежності (рис. 4.1–4.7 та 4.9–4.15), а також як визначалися поля оптимальних співвідношень (рис. 4.8 і 4.16). Цей факт вимагає додаткового пояснення.

8. Процес отримання гумової крихти, описаний у роботі, вимагає додаткових коментарів. Коли отримували гумову крихту, як боролися з металевим кортом? Якщо просто подрібнювали, то частинки металу мали б попадати у бітум також. Як це впливає на властивості бітуму? Чи досліджувався цей аспект?

9. На стор. 81 (абзац 5) про зміну яких саме експлуатаційних властивостей йдеться? На рис. 3.12–3.14 представлені не зовсім експлуатаційні властивості бітуму.

10. На рис. 3.17 штрих-пунктирна залежність вимагає пояснення. Чому саме така залежність?

11. За текстом дисертації та автореферату спостерігається «лояльність» автора до стандартизованої лексики у цій сфері. Зустрічаються стилістичні, редакційні та термінологічні помилки. Так, наприклад, автором часто помилково вживаються такі терміни як «напрямок» замість «напряму», «задача» замість «завдання», «впродовж» замість «протягом», «при температурі» замість «за температурі», «при модифікації» замість «під час або у процесі модифікації» і т.п.

Однак зазначені недоліки не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Автором проведена серйозна експериментальна робота, результати якої дозволили отримати покрівельний матеріал з поліпшеними експлуатаційними властивостями. Наукова новизна, практичне значення результатів та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня та відповідають встановленим вимогам.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На підставі вивчення дисертаційної роботи й автореферату **Нагурського А. О.** можна стверджувати, що дана дисертація є завершеною кваліфікаційною працею, в якій автором виконано прикладне дослідження, що присвячене вирішенню актуального науково-практичного завдання розроблення технологічних основ модифікування бітумів каучуками й гумовою крихтою. Результати роботи містять наукову новизну, мають практичне значення, опубліковані у достатній кількості видань та мають практичне використання.

Результати роботи містять наукову новизну та мають практичне значення. Зміст дисертації відповідає спеціальності 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.



На підставі вищевикладеного можна вважати, що дисертаційна робота «*Модифікування бітумів з парафіністих залишків каучуками і гумою*» відповідає вимогам ДАК України, зокрема пп. 9, 11–14 Порядку присудження наукових ступенів (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами згідно Постанов Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 № 656 і від 30.12.2015 № 1159), а сам автор, *Нагурський Андрій Олегович*, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.

Завідувач кафедри екології  
Інституту екологічної безпеки  
Національного авіаційного університету,  
науковий керівник Українського науково-дослідного  
та навчального центру хімотології  
та сертифікації ПММ і ТР,  
доктор технічних наук, професор

**С. В. Бойченко**



п. р. *Троїцька С. В.*  
з а с в і д ч у ю  
Вчений секретар  
Національного авіаційного університету  
*Т. Бурба*