

ВІДГУК

опонента **Григорова Андрія Борисовича**

на дисертаційну роботу **Присяжного Юрія Володимировича**

«Основи технологій одержання та застосування додатків до дорожніх бітумів з нецільових продуктів переробки вугілля»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів

Актуальність теми дисертації.

Необхідність введення добавок (модифікаторів) до дорожнього бітуму пов'язана з тим, що базовий бітум як продукт прямої перегонки або залишку після вакуумної перегонки нафти не завжди відповідає сучасним вимогам до дорожніх покриттів. Його властивості обмежені, а під впливом кліматичних факторів і навантажень бітум швидко старіє, що призводить до появи колійності, тріщин та руйнування асфальтобетону.

Серед основних причини необхідності введення добавок до складу дорожніх бітумів слід виділити наступні: збільшення еластичності та опору утворенню тріщин у холодному кліматі; підвищення термостійкості та зменшення колійності в умовах високих температур; зменшення крихкості та старіння бітуму; зниження частоти ремонтів; подовження терміну служби асфальтобетону на 30–50 %.

Окрім цього, використання добавок дозволяє застосовувати дешевші марки бітумів як базу, підвищуючи їх якість. Використання в якості добавок до дорожнього бітуму нецільових (побічних) рідких продуктів коксування вугілля і низькоякісне сірчисте й високосірчисте вугілля, дозволяє значно розширити сировинну базу процесу виробництва бітуму, підвищити ступінь застосування побічних продуктів та підвищити експлуатаційні властивості бітуму до вимог діючих в Україні стандартів.

Виходячи з цього, слід зазначити, що тема дисертаційної роботи, яка присвячена розвиненню технологій одержання та застосування додатків до дорожніх бітумів з нецільових продуктів переробки вугілля, на сьогоднішній день, є досить актуальною, оскільки її реалізація сприяє формуванню критичної бази для довговічності, безпеки, енергоефективності та екологічності інфраструктури.

Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження додатково підтверджується і тим, що окремі її частини, виконувалися в межах держбюджетних науково-дослідних робіт «Розроблення основ технології одержання дорожніх бітумів та бітумних емульсій, модифікованих полімеризаційними та конденсаційними смолами» (№ держреєстрації 0115U000425), «Дорожні бітуми та бітумні емульсії, модифіковані полімерами та смолами, одержаними з побічних продуктів переробки вугілля» (№ держреєстрації 0117U004451), «Розробка «зелених» технологій використання низькометаморфізованих горючих копалин України» (№ держреєстрації 0124U000516), а також у межах науково-дослідної роботи із Державним агентством відновлення та розвитку інфраструктури України «Виконати моніторинг якості бітумів, що застосовуються в дорожньому господарстві України, та провести дослідження нових модифікуючих добавок для дорожніх бітумів та асфальтобетонів» (№ держреєстрації 0121U112854).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій в дисертаційній роботі Присяжного Юрія Володимировича є достатньо високою і базується на критичному аналізі науково-технічних джерел, присвячених даній проблемі, а також пов'язаним між собою та чітко сформульованим меті, завданням і висновкам дисертаційного дослідження. Експериментальні дослідження виконано з використанням сучасних методів дослідження. Так, фракційний склад кумарон-інденової сировини визначали

за стандартною методикою на апараті АРН-2, для її якісного та кількісного аналізу використовували проявну газо-адсорбційну хроматографію (хроматограф – «Хроматек-кристал 5000.2»). Інфрачервоні спектри зразків вихідного і модифікованого бітуму, а також кумарон-інденових модифікаторів реєстрували на інтерференційному Фур'є-спектрофотометрі «Thermo scientific Nicolet iS10». Диференційно-термічний аналіз досліджуваних речовин проводили на дериватографі Q – 1500 D системи F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey. Синтез кумарон-інденового модифікатора та кумарон-інденового модифікатора з азотовмісною функційною групою здійснювали методом йонної (ко)олігомеризації. Синтез кумарон-інденового модифікатора з додатковими кисневмісними функційними групами здійснювали методом радикальної (ко)олігомеризації. Пластифікуючий додаток одержували низькотемпературною частковою газифікацією високосірчастого низькометаморфізованого вугілля паро-повітряною сумішшю (метод низькотемпературної газифікації чи оксидаційного знесірчення). Визначення якісних характеристик зразків модифікуючих та пластифікуючих додатків, сировини для їх одержання, вихідних та модифікованих дорожніх бітумів, а також асфальтобетонів здійснювали згідно стандартних методик, наведених у відповідних нормативних документах. Для моделювання впливу на бітуми умов експлуатації дорожніх покриттів у зимовий період використовували розроблену методику визначення низькотемпературних властивостей дорожніх бітумів.

Наукова новизна дисертаційної роботи.

Внаслідок системних і комплексних досліджень процесів одержання та застосування додатків до дорожніх бітумів з нецільових продуктів переробки вугілля вперше одержано такі наукові результати:

1) встановлено, що кумарон-інденові (ко)олігомери є ефективними додатками до дорожніх нафтових бітумів, які, змінюючи склад, структуру і властивості бітуму, позитивно впливають на його експлуатаційні

характеристики, зокрема, на температуру розм'якшення, зчеплюваність з поверхнею скла і зчеплюваність з поверхнею щебеню.

2) доведено, що характер впливу кумарон-інденових додатків на експлуатаційні характеристики дорожніх бітумів залежить від температури розм'якшення додатків і типу та кількості в їх структурі функційних груп. Для підвищення температури переходу бітумів з твердо-пластичного в пластичнорідкий стан необхідно використовувати кумарон-інденові добавки з максимальним значенням показника температури розм'якшення (понад 130 °C); для покращення адгезійних характеристик бітумів в структуру кумарон-інденових модифікаторів необхідно вводити додаткові кисне- чи азотовмісні функційні групи;

3) вивчено основні закономірності одержання кумарон-інденових додатків до дорожніх бітумів з нецільових рідких продуктів коксування вугілля. Синтез необхідно проводити із використанням кумарон-інденвмісних фракцій з відносно вузькими температурними межами википання (наближено 140-190 °C) за присутності, як каталізатора, TiCl_4 . Вихід і характеристики кумарон-інденових додатків можна змінювати глибиною відділення непрореагованої сировини від продуктів синтезу;

4) встановлено, що кумарон-інденовий додаток у комплексі з пластифікатором, окрім зміни експлуатаційних характеристик, забезпечує зміну структурно-групового складу дорожнього бітуму. Після модифікування бітум переходить зі структури гель у структуру золь-гель, яка є оптимальною для дорожніх нафтових бітумів. При цьому дорожній бітум, модифікований кумарон-інденовим додатком у присутності пластифікатора, характеризується більшою теплостійкістю порівняно з немодифікованим бітумом;

5) доведено, що серед отриманих кумарон-інденових додатків найбільш ефективним для покращення адгезійних властивостей дорожнього бітуму є кумарон-інден-карбазольний додаток (з азотовмісною групою, отриманий з використанням карбазолу);

6) вивчено кінетичні закономірності процесів одержання кумаронінденового і кумарон-інден-карбазольного модифікаторів. Встановлено, що за вибраних умов синтезу значення ефективної енергії активації (E_{ef}) для кумаронінденового модифікатора становить 24700 Дж/моль, а для кумарон-інденкарбазольного модифікатора $E_{ef} = 21200$ Дж/моль. Ці значення цілком корелюються з енергією активацій катіонної (ко)лігомеризації, яка, як правило, не перевищує 85000 Дж/моль;

7) вивчено основні закономірності низькотемпературної газифікації низькоякісного високосірчастого бурого вугілля як способу одержання пластифікуючого додатка до дорожніх бітумів і доведено, що за кратності витрати оксиданту – $2,4 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{кг})$, вмісту водяної пари в оксиданті – 70 % об., температурі – 425°C і тривалості – 15 хв можна отримати продукт (смолу розкладу органічної частини вугілля), який є ефективним пластифікатором дорожніх бітумів.

Практична значимість.

Практична значимість результатів дисертаційної роботи Присяжного Юрія Володимировича не викликає ніяких сумнівів та складається з наступних здобутків:

1) Розроблено основи технологій одержання та застосування додатків до дорожніх бітумів з нецільових продуктів переробки вугілля. На основі проведених досліджень і створених математичних залежностей знайдено оптимальні значення основних технологічних параметрів процесів виробництва кумарон-інденових модифікаторів термопластичного і адгезійного характерів.

2) Встановлено, що найбільш дієвим адгезійним додатком є кумарон-інденкарбазольний. Його використання забезпечило таке покращення адгезійних показників досліджуваного дорожнього бітуму: 117,9 % для показника адгезії до скла і 100,0 % для показника адгезії до щебеню.

3) Розроблено математичні залежності функцій відклику від чинників керування процесами одержання кумарон-інденового і кумарон-інден

карбазольного модифікаторів, на основі яких встановлено оптимальні умови цих процесів. Для кумарон-інденового модифікатора: кількість каталізатора (TiCl_4) в реакційному середовищі – 3,3 % мас. на сировину; температура – 37 °С; тривалість – 40 хв. Для кумарон-інден карбазольного модифікатора: вміст карбазолу в сировині – 19,50 % мас. на смолоутворюючі компоненти сировини; кількість каталізатора (TiCl_4) в реакційному середовищі – 8,0 % мас. на смолоутворюючі компоненти сировини; температура – 115 °С; тривалість – 46 хв.

4) У встановлених близьких до оптимальних умовах процесу низькотемпературної газифікації низькоякісного високосірчастого бурого вугілля можна отримати пластифікуючий додаток, який за своїми характеристиками та впливом на експлуатаційні показники дорожнього бітуму не поступається промисловим пластифікаторам дорожніх в'язучих, а за вартістю є суттєво дешевшим за них.

5) У встановлених оптимальних умовах процесів одержання додатків можна з кумарон-інденвмісних фракцій, вилучених із нецільових рідких продуктів коксування вугілля, а також з рідких продуктів процесу низькотемпературної газифікації бурого вугілля, отримати:

- кумарон-інденовий додаток і пластифікатор, вплив яких на характеристики дорожнього бітуму, зокрема, на показник температури розм'якшення дозволяє виконати вимоги ДСТУ Б В.2.7-135:2007;
- кумарон-інденовий додаток з азотовмісною функційною групою, вплив якого на характеристики дорожнього бітуму, зокрема, на показники зчеплюваності бітуму з поверхнею щебеню і скла дозволяє виконати вимоги СОУ 45.2-00018112-067:2011.

6) Використання нецільових продуктів переробки вугілля як доступної і відносно дешевої сировини для створення додатків до дорожніх бітумів відповідає основним засадам циркуляційної економіки і концепції сталого розвитку, зокрема, ефективному використанню наявних ресурсів з метою

задоволення потреб дорожньої галузі якісними матеріалами, отриманими в нафто- й вуглепереробній галузях.

7) Практична реалізація запропонованих технологій полягає у виготовленні дослідних партій кумарон-інденового і кумарон-інден-карбазольного модифікаторів дорожніх бітумів, а також пластифікуючого додатка до дорожніх бітумів у ДП «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)» (м. Харків) та їх випробуванні у ПП «ЛАБОРАТОРІЯ ЗАХІДДОРСЕРВІС» (Львівська обл., с. Горішній).

8) Проведені випробування перелічених продуктів підтвердили можливість отримання з їх використанням модифікованого бітуму, який за своїми характеристиками, зокрема, за показником температури розм'якшення відповідає марці БМПА 70/100-55 згідно з ДСТУ 9116:2021 і модифікованого бітуму, який за своїми характеристиками, зокрема, за показниками зчеплюваності з поверхнею мінеральних матеріалів відповідає марці БНД-А 70/100 згідно з СОУ 45.2-00018112-067:2011.

9) Розроблено технічні умови на продукти, а саме: ТУ У 20.1-02071010-187:2024 «Кумарон-інденовий термопластичний модифікатор дорожніх бітумів на основі хімічних продуктів коксування вугілля. Дослідна партія. Технічні умови»; ТУ У 20.1-02071010-186:2024 «Кумаронінден-карбазольна адгезійна добавка до дорожніх бітумів на основі хімічних продуктів коксування вугілля. Дослідна партія. Технічні умови»; ТУ У 19.1-02071010-185:2024 «Пластифікуючий додаток до дорожніх бітумів на основі високосірчистого вугілля. Дослідна партія. Технічні умови».

10) Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка» і кафедри «Технології переробки нафти, газу та твердого палива» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Практична значимість отриманих результатів також підтверджена 3 патентами України на корисну модель.

Достовірність і новизна висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі Присяжного Юрія Володимировича, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність і новизна повністю підтверджується проведеними теоретичними та експериментальними дослідженнями. Всі висновки і рекомендації базуються на масиві експериментальних даних, отриманих з використанням сучасного лабораторного обладнання, стандартизованих та технічно-обґрунтованих методів досліджень.

Аналіз змісту і структури дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Присяжного Юрія Володимировича складається із анотації, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел літератури (226 найменувань) та 9 додатків. Загальний обсяг дисертації – 452 сторінок. Основний текст дисертації містить 128 таблиць та 103 рисунки.

У *вступі* обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету і завдання дослідження, об'єкт і предмет дослідження, висвітлено її наукову новизну і практичну цінність. Наведено відомості щодо апробації роботи та публікацій, особистого внеску здобувача та структури дисертаційної роботи.

В *першому розділі* проведено ґрунтовний аналіз наукових і науково-практичних джерел інформації щодо ролі нафтового бітуму у дорожньому будівництві, методів його виробництва, властивостей, маркування, проблем якості, їх практичних та перспективних шляхів вирішення. Показано, що немодифікованого дорожнього бітуму, отриманого існуючими методами, який би одночасно задовольняв всі вимоги, встановлені нормативними документами для його використання в будівництві і/чи ремонті автомобільних доріг, імовірно, не існує. На даний час в дорожній галузі переважно використовують модифіковані в'язучі. Вони, порівняно зі «звичайними» бітумами, володіють покращеними адгезійними, еластичними, термопластичними й іншими характеристиками. Основними методами поєднання бітуму з модифікаторами є фізичне або хімічне модифікування. Весь спектр промислово використовуваних додатків здебільшого поділяють на такі основні групи за напрямом дії: термопласти, еластопласти

(еластифікатори), термоеластопласти, адгезиви. Всі вони, як і будь-які товарні продукти, мають ряд переваг і недоліків. Найбільш суттєвими недоліками є дефіцит (обмеженість) сировини для виробництва додатків і їх висока вартість. У зв'язку з цим постійно ведуться наукові і науковопрактичні роботи, метою яких є пошук доступних і відносно дешевих видів сировини для виробництва модифікуючих додатків до дорожніх бітумів. На даний час для розширення спектру модифікаторів дорожніх бітумів альтернативними, відносно дешевими і доступними джерелами сировини є: відпади життєдіяльності людей; некондиційні продукти різних галузей промисловості; низькоякісні корисні копалини. Серед цього переліку особливої уваги заслуговують нецільові (побічні) рідкі продукти переробки вугілля. У наукових і науково-практичних джерелах інформації дані щодо можливого використання цих типів сировини для створення додатків до дорожніх бітумів або зовсім відсутні, або наведені в кількості, яка недостатня для їх вичерпної оцінки. Таким чином, як підсумок проведеного аналізу наукових і науковопрактичних джерел інформації було вибрано два типи доступної і відносно дешевої сировини для розширення спектру дієвих додатків до дорожніх бітумів, зокрема – це кумарон-інденвмісні фракції легких продуктів коксування вугілля і смола низькотемпературної газифікації високосірчистих твердих копалин. Також сформовано мету та завдання дисертаційної роботи.

В *другому розділі* подано характеристики використовуваних в дослідженнях речовин і матеріалів, зокрема, кумарон-інденових фракцій, дорожніх бітумів, вугілля, пластифікаторів тощо. Описано методики синтезу модифікуючих додатків до дорожнього бітуму, низькотемпературної газифікації вугілля (одержання пластифікуючого додатка), а також модифікування в'язучих. Наведено методи аналізу вихідних речовин і продуктів та розрахунків, що використовувались для опрацювання й опису результатів досліджень.

Третій розділ присвячено одержанню кумарон-інденового модифікатора (KIM) і вивченню характеру його впливу на характеристики дорожнього бітуму. Встановлено, що синтез KIM необхідно проводити із використанням сировини кумарон-інденового типу з відносно вузьким температурними межами википання (наближено – 140-190 °C). Оптимальним каталізатором даного процесу є TiCl_4 . Вивчено вплив основних чинників (кількості каталізатора в реакційному середовищі, температури, тривалості) на процес одержання кумарон-інденового модифікатора; на основі результатів експериментальних досліджень визначено їх оптимальні значення. Встановлено, що максимально позитивно KIM впливає на температуру розм'якшення в'язучого (трозм.) і його адгезійні властивості. Зі зростанням трозм., закономірно, погіршуються дуктильність і penetрація бітуму. Оскільки для забезпечення максимального значення показника зчеплення бітуму з поверхнею мінерального матеріалу витрата KIM є надто великою ($\geq 7,0$ % мас.), то його вирішено класифікувати виключно як термопластичний модифікатор. Для нівелювання негативного впливу кумарон-інденового модифікатора на дуктильність і penetрацію бітуму, поряд з ним до в'язучого необхідно додавати пластифікатор. Висунуто припущення, що для переведення кумарон-інденового модифікатора із області «термопластичних додатків» в область «адгезійних додатків» необхідно змінити його якісні характеристик з метою зменшення витрати в процесі модифікування при незмінно позитивному впливі на показник адгезії.

Четвертий розділ присвячено вивченню можливості покращення адгезійних властивостей KIM внаслідок введення в нього додаткової кількості кисневмісних груп. Для цього з вузької кумарон-інденової фракції 130-190 °C, використовуючи різнотипні ініціатори (2,2'-азобіс(2-метилпропіонітрил) (ДАК); пероксидний олігомер (ПО) – похідну епоксидної смоли ЕД-24), отримано кумарон-інденові модифікатори з кисневмісними функційними групами, зокрема: з карбоксильними (KIM-K) й епоксидними

групами (KIM-E), а також метакрилатними фрагментами (KIM-M). Вивчено вплив основних чинників (кількості ініціатора в реакційній суміші, температури, тривалості) на процес одержання кумарон-інденових модифікаторів з кисневмісними функційними групами і встановлено близькі до оптимальних їх значення. ІЧ-спектроскопічними дослідженнями підтверджено структуру синтезованих додатків, зокрема, присутність у їх молекулах карбоксильних груп, епоксидних груп чи метакрилатних фрагментів. Зафіксовано позитивний вплив введення в структуру кумарон-інденового модифікатора кисневмісних функційних груп на адгезійні характеристики дорожнього бітуму. На основі досягнутого покращення показників адгезії модифікованого бітуму (відносно вихідного в'язучого) визначено ефективність досліджуваних модифікаторів. Для KIM-K вона становить 59,5 % для показника зчеплюваності зі склом і 25,0 % для показника зчеплюваності зі щебенем; для KIM-E – 76,2 % і 25,0 %, відповідно; для KIM-M – 52,4 % і 15,0 %, відповідно. Визначено, що ефективності жодного з досліджуваних додатків (KIM-K, KIM-E і KIM-M) недостатньо для забезпечення нормативних вимог до показників зчеплюваності з поверхнею мінерального матеріалу.

В *п'ятому розділі* з вузької кумарон-інденової фракції 140-190 °C і карбазолу, використовуючи як каталізатор TiCl_4 , отримано кумарон-інденовий модифікатор з азотовмісною функційною групою (KIM-A). Встановлено, що температура відгонки непрореагованої сировини від (ко)олігомеризату суттєво впливає на кількість і характеристики KIM-A. Її значення на рівні 150 °C забезпечує достатньо високий і вихід додатку, і його характеристики. Вивчено вплив основних чинників (кількості каталізатора і карбазолу в реакційному середовищі, температури, тривалості) на процес одержання KIM-A; на основі результатів експериментальних досліджень встановлено їх оптимальні значення. Доведено, що карбазол бере хімічну участь у формуванні структури кумаронінденового модифікатора з азотовмісною функційною групою. Встановлено характер впливу кумарон-

інден-карбазольного модифікатора на характеристики дорожнього бітуму. Так, введення в структуру КІМ азотовмісної функційної групи максимально позитивно вплинуло на адгезійні характеристики в'язучого. Остання забезпечила зменшення дозування модифікатора з 7,0 % мас (для КІМ) до 1,0 % мас. (для КІМ-А) з огляду на одержання товарного модифікованого бітуму марки БНД-А 70/100. Така витрата є співрозмірною з витратою промислових адгезійних додатків. Проведено випробування бітуму, модифікованого КІМ-А. Зокрема, приготовано асфальтобетонну суміш, відповідний їй асфальтобетон і проаналізованого його характеристики.

Шостий розділ присвячено одержанню пластифікуючого додатка до дорожніх бітумів. Запропоновано спосіб для його одержання – низькотемпературна газифікація; сировина – низькоякісне високосірчисте вугілля. Вибрано умови процесу низькотемпературної газифікації, зокрема: тип сировини – буре вугілля; розмір частинок сировини – 0,1-0,25 мм; лінійна швидкість руху оксиданту – 0,0250 м/с. Вивчено вплив основних чинників (кратності витрати оксиданту; вмісту водяної пари в оксиданті; температури; тривалості) на процес низькотемпературної газифікації бурого вугілля і встановлено близькі до оптимальних їх значення. Вивчено характер впливу пластифікуючого додатка на характеристики дорожнього бітуму, зокрема, в поєднанні з кумарон-інденовим модифікатором. Його додавання до в'язучого, модифікованого КІМ покращує пластичні властивості останнього, при цьому практично не зменшує температуру розм'якшення. Збільшення дозування пластифікатора призводить до зростання penetрації і дуктильності отриманої суміші. Поряд з цим, досліджуваний пластифікатор дещо покращує адгезійні властивості модифікованого бітуму.

У *сьомому розділі* на основі результатів експериментальних досліджень, їх аналізу, узагальнень та висновків розроблено технологічні аспекти одержання і застосування модифікуючих і пластифікуючого додатків до дорожніх бітумів, зокрема: складено матеріальні баланси процесів виробництва модифікуючих і пластифікуючого додатків і модифікування

ними бітумів; запропоновано відповідні технологічні схеми; проведено оцінку економічної доцільності пропонованих технологій.

У висновках, що складаються із 12 пунктів та охоплюють усі розділи дисертаційної роботи, обсягом 4 стор, простежується зв'язок з поставленими завданнями, науковою новизною та теоретичним і експериментальним матеріалом, викладеним в тексті дисертаційної роботи.

Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи.

Основний зміст дисертаційної роботи висвітлено у 39 наукових працях, в т.ч.: 1 розділ монографії; 6 статей у наукових фахових виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science; 8 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, які не включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 8 статей у наукових фахових виданнях України; 5 патентів на корисну модель, 11 тез доповідей та матеріалів конференцій.

Зауваження та дискусійні положення.

1. В пункті «Методи дослідження» не наведено інформацію щодо характеристики методів, які використовувалися як при теоретичних дослідженнях, так і при обробці отриманих експериментальних даних.

2. Для досягнення заявленої мети дослідження здобувачу необхідно вирішити 8 основних завдань, але при цьому висновки до дисертаційної роботи складаються із 12 пунктів. Як це пояснити?

3. Чи не будуть виникати додаткові складності (у вигляді виникнення ризику канцерогенності внаслідок виділення парів) під час нагрівання бітуму при його модифікуванні кумарон-інденовими добавками?

4. Згідно з текстом дисертаційної роботи, оптимальна температура введення кумарон-інденових добавок до бітуму, що здатна забезпечити їх рівномірний розподіл, знаходиться на рівні 180 °С, що є вище ніж загальна температура нагрівання асфальтно-бетонної суміші (укладання гарячих сумішей – 140–160 °С). При цьому не буде виникати надлишкове

випаровування вуглеводнів із складу бітуму, змінюючи його структуру та властивості?

5. Наявні в Україні обсяги сировини для синтезу кумарон-інденових додатків здатні забезпечити існуючу потребу в модифікованих бітумах?

6. Чи не ускладнює використання стадії синтезу додатків, яка є ключовою у технологічному ланцюзі, виробництво модифікованих бітумів? Як при цьому забезпечити гнучкість виробництва?

7. В яких регіонах України передбачається будівництво установок з виробництва додатків та модифікації дорожнього бітуму? Це виробництво буде реалізовано як окрема установка або блоком в складі існуючих технологічних схемах? Доцільно б було навести можливі точки інтеграції з діючим виробництвом.

8. Оскільки модифікований бітум представляє собою багатокомпонентну систему (бітум + додаток + пластифікатор), доцільно б було навести результати дослідження щодо зміни його властивостей при тривалому зберіганні, в умовах нагрівання та окиснення.

9. Передбачається модифікування бітуму безпосередньо в місцях його застосування? Якщо так, як це реалізується?

10. При оцінці економічної доцільності пропонованих технологій враховувалась вартість сировини вітчизняного походження або імпортована? Яку методику розрахунку собівартості виробництва було використано (заводську (промислову) або економічну/фінансову (загальноприйняті в економіці)?

11. В тексті дисертаційної роботи зустрічаються помилки стилістичного та редакційного характеру.

Вказані недоліки носять рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Присяжного Юрія Володимировича «Основи технологій одержання та застосування додатків до дорожніх бітумів з

нецільових продуктів переробки вугілля» є цілісною завершеною науковою працею, яка вирішує важливу науково-практичну проблему – підвищення експлуатаційних властивостей дорожніх бітумів, шляхом їх модифікації додатками з нецільових продуктів переробки вугілля, зокрема, з кумарон-інденвмісних фракцій летких продуктів коксування вугілля і смоли низькотемпературної газифікації високосірчистих твердих горючих копалин.

Дисертаційна робота Присяжного Юрія Володимировича «Основи технологій одержання та застосування додатків до дорожніх бітумів з нецільових продуктів переробки вугілля» виконана із дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота має важливе наукове та практичне значення і за ступенем обґрунтованості викладених науково-теоретичних і науково-практичних положень, достовірністю і новизною отриманих результатів, висновків і рекомендацій, повністю відповідає вимогам до докторських дисертацій згідно пп. 7, 8, 9 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а здобувач Присяжний Юрій Володимирович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів.

Офіційний опонент

професор кафедри технологій переробки
нафти, газу та твердого палива

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

доктор технічних наук, професор

Андрій ГРИГОРОВ

