

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу

Донченко Мирослава Ігорівна

за темою «Одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (16 – Хімічна та біоінженерія)

У контексті вирішення актуальної науково-прикладної проблеми одержання високоякісних дорожніх бітумів, стійких до технологічного старіння тема дисертаційного дослідження Донченко М. І. є актуальною. Сучасні темпи і 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, зокрема, через забезпечення високої стійкості до технологічного старіння.

Вивчення рукопису дозволяють дійти висновку, що дисертаційна робота Донченко М. І. присвячена вирішенню **актуальної науково-прикладної проблеми** забезпечення зростаючого попиту на високоякісні дорожні бітуми, стійкі до технологічного старіння через модифікування складу традиційних бітумів і вивчення впливу та обґрунтування модифікаторів різних класів за їх здатністю сповільнювати процеси технологічного старіння бітумних в'язучих.

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури, сучасних тенденцій та уявлень про розвиток технологій отримання ефективних інгібіторів старіння бітумів, зокрема, одержаних з побічних продуктів і відходів виробництв, що задовільняло б вимогу невисокої вартості та широкої доступності модифікатора, а також вивчення їх впливу на процеси технологічного старіння, дозволили автору фахово визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями та методи дослідної роботи.

Аналізуючи формальні аспекти дисертації, вимоги до оформлення та представлення результатів дослідження, можна дійти висновку, що поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим на сьогодні вимогам.

Повнота викладення результатів в опублікованих роботах. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів і розкриття змісту дисертації відповідають встановленим вимогам. Дисертація є самостійно

виконаною науковою працею. Відповідні публікації висвітлюють основні наукові положення дисертації, зокрема, ті, що автор виносить на захист.

Структура дисертації Донченко М. І. складається з переліку умовних позначень і скорочень, анотації, вступу, п'яти основних розділів, висновків, списку літератури (181 найменування на 20 сторінках), списку публікацій здобувача, 2 додатків. Загальний обсяг дисертації становить **159** сторінок друкованого тексту, містить **38 таблиць + 14 рисунків**. Обсяг, що займають ілюстрації, таблиці, список літератури та додатки, становить **54** сторінки.

Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджується даними апробації на **12** конференціях різного рівня, актом упровадження у навчальний процес, результатами експериментальних досліджень (розділи 3, 4, акт випробувань).

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, експериментально доведені та теоретично обґрунтовані.

Про корисність, новизну результатів досліджень, їх практичну значимість та особистий внесок здобувача свідчать 16 публікацій, серед яких 4 статті у фахових наукових виданнях, 1 з яких у періодичних виданнях, що включено до науко-метричної бази Scopus і Web of Science, тези 12-и доповідей на наукових конференціях різного рівня.

Повнота викладення результатів в опублікованих роботах. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідають чинним встановленим вимогам. Дисертація є завершеною самостійно виконаною науковою працею.

Опубліковані праці повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи та характеризують вклад дисертанта. Відповідні публікації висвітлюють основні наукові положення дисертації, зокрема, ті, що автор виносить на захист.

Оцінка обґрунтованості наукових положень в дисертації, їх достовірності і новизни. Наукові положення, висновки, технологічні напрацювання, що сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами експериментальних досліджень (розділи 3, 4), що мають теоретичне підґрунтя. Усі висновки базуються на великому масиві матеріалів, одержаних з використанням сучасних стандартних і науково обґрунтованих методів досліджень.

Тема дисертаційної роботи Донченко М. І. безпосередньо пов'язана з **пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України** згідно з п. 3 «Енергетика та енергоефективність», п. 4 «Раціональне природокористування» і п. 5 «Нові речовини і матеріали» статті 3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (зі змінами від 29.01.2021 р.).

Поставлені завдання у контексті сформульованої мети досягнуто та доведено до логічного завершення, що дозволило автору одержати **три**

наукових результати, що характеризують їх **новизну та інноваційний характер**. Автор позиціонує та репрезентує **наукові положення** у такий спосіб:

1) встановлена принципова відмінність між процесом окиснення гудрону з українських нафт під час виробництва бітуму та процесами технологічного старіння бітумів. Зокрема, під час старіння бітумів у порівнянні з процесами окиснення гудрону по-іншому змінюється груповий склад в'язучого: зменшується вміст смол і збільшується вміст асфальтенів, тоді як вміст оливних компонентів змінюється незначно. Встановлено, що під час одержання бітумів внаслідок окиснення гудронів з українських нафт вміст оливних компонентів зменшується, вміст асфальтенів збільшується, а вміст смол змінюється незначно;

2) встановлено, що на сповільнення процесів технологічного старіння окисненого бітуму позитивний вплив виявляють гумова крихта та важка смола піролізу, тоді як для дистиляційного – нафтополімерна смола з гідроксильними функційними групами;

3) встановлено, що найбільш суттєво на сповільнення процесів технологічного старіння окисненого та дистиляційного бітумів впливає гумат калію. Окрім того, збільшення ефективності даного модифікатору відбувається з підвищенням вмісту гумінових кислот в зразку.

Практичне значення результатів теоретичних і експериментальних досліджень автором обґрунтовано **трьома** положеннями. А саме:

1) здійснено підбір методики, що дозволяє в лабораторних умовах найбільш наближено відтворити умови перебігу процесів, що протікають під час короткочасного старіння;

2) доведено доцільність застосування гумату калію як ефективної та економічно вигідної добавки для сповільнення процесів старіння нафтових бітумів. Зокрема, встановлено, що додавання гумату калію у кількості 3 % мас. до окисненого бітуму, а також 1 % мас. – до залишкового (за вмісту гумінових кислот 85 % мас.) дозволяє збільшити термін служби дорожнього покриття в 1,5–2,5 рази;

3) розроблено принципову технологічну схему процесу одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння. Зокрема, встановлено оптимальні параметри процесу модифікування бітумів – визначено тривалість (2 год) та оптимальну температуру (130 °C) процесу. Виконано розрахунок матеріальних балансів та економічних показників.

Загальна характеристика роботи.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми, актуальність роботи, сформульовано мету та основні завдання досліджень, визначено структуру роботи, об'єкт, предмет і методи досліджень, а також репрезентовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому** розділі виконано ґрунтовний аналіз літературних джерел стосовно зміни властивостей нафтових бітумів внаслідок технологічного старіння.

На підставі виконаного літературного огляду автор сформулювала основні завдання для розв'язання науково-прикладної проблеми, зазначеної у його праці.

У **другому розділі** автор описала основні характеристики допоміжних речовин, що використані у роботі. Описано обладнання та методики для виконання досліджень. Визначення основних показників якості нафтових бітумів виконувалось за принципом поділу основних характеристик на чотири основні групи показників – показники призначеності, надійності, однорідності та пожежонебезпечності. Показники надійності, у свою чергу, поділяють на показники довговічності та збережуваності.

У **третьому розділі** автор описала результати дослідження основних закономірностей процесу технологічного старіння нафтових бітумів.

Автором встановлено, що при прогріванні бітуму навіть у тоншому стаціонарному шарі, на ньому все ж утворюється захисна окиснювальна плівка, що перешкоджає адекватному оцінюванню перетворень. Тобто більш стійким до старіння є дистиляційний бітум, тоді як окиснений зазнає сильніших змін у процесі старіння. У результаті досліджень автору вдалося наочно встановити відмінності, що є характерними для перебігу процесів старіння різної за походженням сировини та для різних технологій одержання бітуму. Так, розбіжності в структурі обох зразків дозволяють віднести окиснений бітум до III-го структурного типу (золь-гель), що в процесі старіння переходить до I-го типу (гель). А дистиляційний бітум можна зарахувати до I-го типу, що не змінює своєї структури під час прогрівання, а перетворення, що протікають, відбуваються здебільшого через окиснення, що особливо інтенсифікуються внаслідок дії високих температур. Таким чином, враховуючи, що для використання в дорожньому будівництві найкраще підходять в'язучі типу золь-гель, то такі перетворення є небажаними. Поруч із цим, зміна групового складу бітумів призводить до підвищення температури розм'якшеності та крихкості. Причиною такого явища є зменшення кількості оливи, що, в свою чергу, призводить до погіршення зчеплюваності бітуму з поверхнею кам'яних матеріалів. Підтверджено факт, що залишкові бітуми є стійкішими до старіння у порівнянні з окисненими. Встановлено, що при старінні бітумів спостерігається зменшення вмісту смол і збільшення вмісту асфальтенів, а вміст оливних компонентів змінюється незначно. А під час окиснення гудронів при одержанні бітумів груповий склад змінюється по-іншому – вміст оливних компонентів зменшується, вміст асфальтенів збільшується, а вміст смол змінюється незначно.

Четвертий розділ присвячено дослідженню модифікаторів за їх здатністю сповільнювати процеси технологічного старіння бітумів.

Описано результати дослідження щодо здатності сполук різних класів

впливати на процеси, що протікають у нафтових бітумах під час технологічного старіння. Особливу увагу автором було зосереджено на модифікаторах, одержаних із побічних продуктів, або ж з відходів виробництв, що дозволяють хоча б частково замінити вартісні та важкодоступні добавки, що сьогодні використовуються для сповільнення відповідних процесів. Описано досліджено продуктів піролізу вуглеводнів, зокрема нафтополімерних смол з різними функційними групами та важкої смоли піролізу; смол, одержаних з рідких продуктів переробки вугілля; технічну сірку; гумову крихту та солі гумінових кислот, одержані з різної сировини. Автором виявлено, що кращі результати за опірністю до старіння є нафтополімерні смоли (НПС) з гідроксильними групами, тоді як додавання НПС із карбоксильними групами не виявляє такого ж помітного ефекту щодо сповільнення вказаних процесів. Водночас значне погіршення властивостей зразків окисненого бітуму, модифікованих нафтополімерними смолами у процесі прогрівання робить їх непридатними для використання в дорожньому покритті. Додавання 5-ти % ВСП до окисненого бітуму дозволяє зберегти залишкову пенетрацію на високому рівні. Єдиним недоліком отриманого модифікованого бітуму є низька вихідна теплостійкість отриманого зразка. При цьому використання ВСП як інгібітору старіння для залишкового бітуму без доопрацювань складу суміші буде не надто ефективним. Автор дійшла висновку, що використання смол, одержаних з рідких продуктів переробки вугілля у чистому вигляді призводить до значного зростання теплостійкості в процесі старіння, тоді як використання їх у комплексі з іншими модифікаторами призводить до різкого зростання твердості отриманого зразка внаслідок прогрівання. Тобто, ні зазначений комплекс модифікаторів, що виявляє хороші адгезійні властивості, ані смоли, одержані з рідких продуктів переробки вугілля не можна віднести до інгібіторів, які б дозволяли зменшувати вплив старіння на в'язучі. Автором встановлено, що використання технічної сірки у запропонованому співвідношенні є нераціональним та потребує подальшого доопрацювання складу сумішей як для окисненого, так і для залишкового бітумів. А от додавання гумової крихти до окисненого бітуму демонструє задовільні властивості за вмісту крихти 8 % мас. За такого дозування в'язуче володіє необхідними твердістю та теплостійкістю, щоправда нижчими, аніж у вихідного зразка. З огляду на зміну властивостей внаслідок прогрівання, можна спостерігати, що зміна температури розм'якшеності, а також втрата маси є незначними. При додаванні крихти до залишкового бітуму найкращою опірністю володіє зразок із додаванням 5 % мас. гумової крихти, проте оптимізації потребує вихідний склад суміші. Встановлено, що найкращими добавками є солі гумінових кислот. Зокрема, найкращий ефект спостерігається при додаванні до окисненого бітуму 5-ти та 3-ох % мас. гумату калію за відповідної концентрації гумінових кислот 80 та 85 % мас. Також, додавання зазначеної сполуки дозволяє на високому рівні зберегти вихідні в'язучі

властивості окисненого бітуму. Сповільнюючий ефект спостерігається і за додавання гумату калію до дистиляційного бітуму, до того ж найбільш ефективним є додавання гумату калію в кількості 1 та 3 % мас. за вмісту гумінових кислот 85 % мас. Порівнюючи отримані показники з вимогами стандарту дозволило дійти висновку, що найбільш оптимальним є додавання 3 % мас. гумату калію до окисненого бітуму та 1 % мас. для залишкового бітуму за відповідного вмісту гумінових кислот 85 % мас. Автор стверджує, що таке модифікування дозволить продовжити термін експлуатації дорожнього покриття в 1,5–2,5 рази.

У п'ятому розділі автором запропоновано основи технології процесу одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння. Виконано розрахунок матеріального балансу запропонованої технологічної схеми. Виконані дослідження у межах даного розділу дозволило автору встановити наступне:

- виходячи з загальної кількості бітуму, що виробляється на українських НПЗ здійснено підбір оптимальної продуктивності установки, що становить 50 тис. т / рік;

- основним апаратом у наведеній технологічній схемі є реактор періодичної дії об'ємного типу, оснащений листовим перемішувальним пристроєм;

- визначені основні технологічні аспекти процесу одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння, зокрема, тривалість та кількість циклів на добу, технологічні температури та характеристики основного апарату;

- виконано розрахунок собівартості готового продукту та основних економічних показників, визначено термін окупності, що склав 3,3 роки.

Дискусійні аспекти, невідповідності та рекомендації щодо змісту дисертаційної роботи. Відзначаючи загалом достатній науковий рівень дисертаційної роботи Донченко М. І., слід відзначити, що робота не позбавлена певних невідповідностей і дискусійних аспектів, до яких відносяться такі:

1. Перший пункт наукової новизни у авторській редакції вимагає додаткового тлумачення та обґрунтування? У чому суть цього пункту?

2. Третій пункт практичного значення вимагає конкретизації у контексті обґрунтованості даних техніко-економічних розрахунків. Під час репрезентації практичного значення автору варто було б більше акцентувати увагу на прикладному характері цієї роботи.

3. Формулювання об'єкту та предмету дослідження представлено узагальнено. Що є гіпотезою дослідження? На підставі цього більш конкретно формулюються вирішувані науково-прикладні проблема або завдання, мета, предмет і об'єкт дослідження. Формулювання предмету дослідження представлено дещо невдало так як виходячи з мети, завдань та трактування об'єкту та предмету дослідження взаємопов'язані.

4. Перший розділ дисертації насичений літературними даними, що є загальновідомими. Тут варто було б послатись на відповідне джерело та скоротити обсяг розділу, а також окремо виокремити літературні джерела вітчизняних науковців у цій галузі.

5. Другий розділ представлено у монографічному стилі та перевантажено відомими даними щодо методів дослідження. Які основні висновки цього розділу?

6. Третій розділ репрезентує низку експериментальних даних у табличному форматі. Але, виходячи з назви розділу «Вивчення основних закономірностей процесу технологічного старіння нафтових бітумів», логічно було б репрезентувати вивчені закономірності та задекларувати основні висновки вивчених закономірностей.

7. Четвертий розділ насичений експериментальними даними, але інформації щодо оцінки точності, достовірності цих даних автор не наводить.

Також, наприклад, висновок автора «Отримані дані наочно демонструють стрімке сповільнення процесів старіння при додаванні гумату калію» після таблиці 4.17 (стор. 120) викликає додаткового пояснення.

8. У п'ятому розділі автор наводить інформацію щодо технології процесу одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння, але недостатньо виокремлює власний вклад у представлену принципovu технологічну схему установки одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння (рис. 5.1, стор. 127).

10. Не достатньо обґрунтовано репрезентовану технологічну карту (табл. 5.3) та вибір найбільш оптимальних умов. А економічні ефекти доцільно було б подати у вигляді порівняння з аналогами.

11. У тексті дисертації зустрічаються редакційні, стилістичні та термінологічні помилки. Так, наприклад, автором часто помилково вживаються такі конструкції «шляхом» замість «через», «за рахунок» замість «через», «введення» замість «додавання», «при виробництві» замість «під час виробництва», «ряд» замість «низка», «прогріття» замість «прогрівання» і т.п.

Однак, виявлені невідповідності не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів наявні та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня та їх зміст відповідають встановленим вимогам. Дисертація має чітко виражений прикладний характер.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Системний всебічний аналіз дисертаційної роботи Донченко М. І. «Одержання нафтових бітумів, стійких до технологічного старіння» свідчить про те, що вона є завершеною, цілісною самостійною кваліфікаційною працею, логіка і внутрішня структура якої підпорядкована поставленій меті та встановленим завданням.

Теоретичне і практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що представлені автором висновки й рекомендації можуть слугувати базисом для розвитку напрямів і пріоритетів інноваційного розвитку країни, забезпечують основу для подальших досліджень у сфері забезпечення економіки країни високоякісними дорожніми бітумами, стійкими до технологічного старіння.

За сукупністю якісних і формальних ознак щодо актуальності обраної теми, обґрунтованості наукових положень, практичного значення висновків і рекомендацій, їх достовірності й новизни дана дисертаційна робота відповідає вимогам, передбаченим Наказом Міністерства науки та освіти від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019) та Постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167 «Про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 979 від 21.10.2020, № 608 від 09.06.2021), а її автор, **Донченко Мирослава Ігорівна**, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (галузь 16 – Хімічна та біоінженерія).

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

Сергій БОЙЧЕНКО

Підпис професора Бойченка С. В. **ЗАСВІДЧУЮ:**
Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського



Валерія ХОЛЯВКО