

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента к.т.н., професора Моїсєєва Віктора Федоровича**  
на дисертаційну роботу **Тищенка Сергія Дмитровича**  
на тему **«Зменшення техногенного навантаження на довкілля у**  
**виробництві вибухових речовин»**, представлену на здобуття наукового  
ступеня **доктора філософії** з галузі знань **18 «Виробництво та технології»**  
за спеціальністю **183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Оборонна промисловість та її важлива галузь – виробництво вибухових речовин відіграють велику роль у забезпеченні національної безпеки України. Однак, внаслідок широкого використання для виробництва вибухових речовин способу, заснованого на нітруванні органічних сполук сумішшю нітратної та сульфатної кислот, утворюється велика кількість кислих водних стоків, які створюють високе техногенне навантаження на довкілля. До того ж в умовах війни відбувається активне розширення таких виробництв, що є причиною загострення вказаної проблеми. Саме тому екологічно безпечні технології виробництва вибухових речовин є безсумнівно затребуваними, актуальними та становлять високий інтерес.

Детальне ознайомлення з дисертаційною роботою та науковими працями здобувача дає змогу стверджувати, що не існує повністю екологічно безпечних методів виробництва вибухових речовин та способів переробки відходів їх виробництва серед багатьох відомих технологічних схем. Це можна пояснити тим, що технологічний процес таких виробництв є незамкненим та передбачає скидання відпрацьованих слабких водних розчинів кислот, які утворюються після операції стабілізації, у прилеглі водойми через економічну недоцільність їх регенерації.

Тому наукове обґрунтування, розроблення та впровадження найбільш оптимальної технологічної схеми виробництва вибухової речовини – нітрату крохмалю є актуальною проблемою, на розв'язання якої спрямовані

дисертаційні дослідження здобувача. Таким чином, дисертаційна робота Тищенка Сергія Дмитровича, яка присвячена вирішенню науково-практичних завдань щодо зменшення техногенного навантаження на довкілля у сфері виробництва вибухових речовин, а саме розробці екологічно безпечної технології виробництва нітрату крохмалю із замкненим обігом кислот є актуальною.

Вагомість результатів дисертаційних досліджень підтверджується тим, що робота виконувалась в межах науково-дослідних робіт кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету, згідно зареєстрованої теми «Дослідження процесів технології виробництва нітрату крохмалю» (номер державної реєстрації 0121U114699), яка відповідає завданням Державної цільової програми освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії в якій автор брав участь як виконавець.

Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки та техніки в Україні на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні з розділу «Раціональне природокористування» і стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційної діяльності в Україні на 2024 – 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні «Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища».

### **Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій сформульованих у дисертації**

Наукові положення, висновки, рекомендації, які сформульовані дисертантом у роботі є достатньо обґрунтованими та викладені в логічній послідовності. Вони базуються на великому обсязі експериментальних та теоретичних досліджень, для чого були використані відповідні закордонні та вітчизняні літературні джерела.

Положення та висновки роботи логічно обґрунтовані та підтверджуються результатами проведених експериментальних досліджень.

Обробку результатів дисертаційних досліджень та статистичний аналіз здійснювався автором з використанням ліцензованого програмного забезпечення Microsoft Excel та Mathcad. Для кожного експерименту та аналізу розраховувалися стандартні відхилення. Достовірність одержаних результатів підтверджується системним підходом до комплексного вирішення наукових та практичних задач, забезпечується використанням відомих та апробованих методів досліджень, конкретною та чіткою постановкою задач і детальним обґрунтуванням основних положень та висновків.

### **Наукова та практична цінність дисертації та наукова новизна**

Наукова новизна роботи полягає у комплексному та ґрунтовному вирішенні наукової проблеми зменшення техногенного навантаження на довкілля у сфері виробництва вибухових речовин, а саме розробці екологічно безпечної технології виробництва нітрату крохмалю із замкненим обігом кислот.

Із метою зниження техногенного навантаження на довкілля виробництва нітрату крохмалю та підвищення ефективності поводження відходами виробництва автором були одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше встановлено закономірності процесу нітрування крохмалю однією нітратною кислотою, його механізм, а також вплив режимів його проведення на характеристики одержуваного нітрату крохмалю;

2. Набули подальшого розвитку методичні засади нітрування крохмалю нітратно-сульфатнокислотою сумішшю та вплив його режимних параметрів характеристики одержуваного нітрату крохмалю;

3. Вперше проведено дослідження кінетичних закономірностей процесу нітрування крохмалю нітратною кислотою та розроблено його математичну модель, за допомогою якої автор пропонує, задаючи значення режимних параметрів процесу нітрування, розраховувати вміст нітрогену в

нітраті крохмалю та обґрунтувати вибір раціональних режимів його одержання з метою зменшення кількості відходів виробництва та енерговитрат на їх переробку, що зменшує техногенне навантаження на довкілля;

4. Вперше досліджено вплив режимів проведення осадження нітрату крохмалю з розчину в нітратній кислоті на його характеристики та обґрунтовано можливість осадження у водні розчини нітратної кислоти з метою проведення подальшої переробки відпрацьованого нітрувального середовища для зниження техногенного навантаження на оточуюче середовище;

5. Було проведено комплексне дослідження хімічної стійкості та стабілізації нітрату крохмалю результатом якого є обґрунтування спрощеного варіанту стабілізації, який характеризується значно меншою тривалістю та витратою води, що дозволяє створити техногенно безпечну технологію;

6. Було сформульовано принципи створення екологічно безпечної технології виробництва нітрату крохмалю, яка характеризується замкненістю технологічного циклу та ефективним поводженням з відходами, що вирішує поставлену задачу зниження техногенного навантаження на оточуюче середовище

Практична цінність одержаних автором результатів дисертаційного дослідження підтверджується впровадженням в навчальний процес під час викладання дисциплін «Технологія виробництва спеціальних високомолекулярних сполук» та «Основи проектування підприємств з виробництва високомолекулярних сполук» для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» на кафедрі хімічної технології високомолекулярних сполук Шосткинського інституту СумДУ (акт впровадження від 27 травня 2024 року).

Аналізуючи наукові праці здобувача, слід зазначити, що основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 15 наукових працях, із яких: 6 статей, зокрема, 1 стаття у наукових фахових виданнях із переліку МОН

України, 5 статей у вітчизняних наукових періодичних виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних (Scopus і Web of Science), 9 матеріалів доповідей у збірниках праць конференцій, а також – 1 патент України на винахід.

В опублікованих працях автором в повному обсязі висвітлені основні наукові положення, результати та висновки дисертації. Наукові положення та результати досліджень, що отримані дисертантом, проходили апробацію та доповідалися на наукових конференціях різного рівня, як національного так і міжнародного.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеності**

Дисертація Тищенка Сергія Дмитровича є **завершеною науковою роботою**, яка складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Матеріали дисертаційної роботи викладені на 148 сторінках, із яких основний текст становить – 114 сторінок. Матеріали дослідження проілюстровано 41 рисунком та подано у 2 таблицях. Список використаних джерел містить 145 найменувань розміщених на 17 сторінках. Кількість додатків – 3 на 11 сторінках.

**У вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету та основні завдання, визначено об'єкт та предмет дослідження, описані наукова новизна та практична цінність одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, наведені дані про структуру й обсяг роботи.

**У першому розділі** автором проаналізована еколого-техногенна проблематика високого рівня техногенного навантаження створюваного виробництвами вибухових речовин, а саме: надано загальну характеристику сучасних принципів та способів нітрування органічних сполук, проаналізовано особливості будови полісахаридів та встановлено зв'язок їх структури та полімерної природи із закономірностями процесу їх нітрування, проведено критичний аналіз існуючих методів стабілізації вибухових речовин,

висвітлено причини високого техногенного навантаження створюваного під час їх стабілізації.

На основі проведеного аналізу сформовано та обґрунтовано напрям мету та завдання дисертаційного дослідження.

**У другому розділі** дисертації описані об'єкт та обрані методи й методики проведення дослідження, оброблення одержаних результатів, надано характеристику застосовуваних реактивів та способів їх підготовки, наведено схему експериментальної установки.

**Третій розділ присвячено** результатам експериментальних досліджень закономірностей процесу нітрування крохмалю. В результаті встановлено, що за нітрування крохмалю нітратною кислотою відбувається його розчинення, а процес є двостадійним, через неоднорідність будови крохмальних зерен. Найбільше на процес нітрування крохмалю нітратною кислотою впливає вміст води в кислоті, яка нітрує крохмаль. Розроблена на підставі обробки експериментальних даних математична модель кінетики цього процесу дозволяє визначати оптимальні режими одержання нітрату крохмалю, що призводить до економії нітратної кислоти, енерговитрат на її переробку та зменшує техногенний вплив на довкілля виробництва нітрату крохмалю. За нітрування крохмалю нітратно-сульфатнокислотою сумішшю крохмаль майже не розчиняється в ній. На характер протікання процесу найбільший вплив мають масове співвідношення кислот у нітрувальній суміші, початкова масова частка води у ній, її початкова температура, час і модуль нітрування.

**У четвертому розділі** дисертації автором проведено дослідження процесу осадження нітрату крохмалю з розчину в нітратній кислоті та обґрунтовано спінодальний його механізм, визначено вирішальний вплив процесу нітрування на кристалічність одержуваного нітрату крохмалю, у порівнянні з осадженням, що пов'язано з особливостями розміщення та будови складових крохмального зерна. Проведене дослідження дозволило обґрунтувати можливість осадження нітрату крохмалю у водні розчини нітратної кислоти для одержання достатньої для подальшої регенерації концентрації відпрацьованого нітрувального середовища. Проведене

дослідження хімічної стійкості та стабілізації нітрату крохмалю встановило більш високу хімічну стійкість нітрату крохмалю одержаного нітруванням нітратною кислотою у порівнянні з нітратом крохмалю нітратно-сульфатнокислотою сумішшю, що дозволило не лише скоротити час проведення стабілізації, а й кількість використовуваної води, що призводить до зменшення техногенного навантаження на довкілля

У п'ятому розділі дисертації Тищенком С. Д. представлена технологічна схема екологічно безпечного виробництва нітрату крохмалю. Запропонована технологія передбачає замкнений обіг кислот без кислотних стоків. Вона реалізується за рахунок нітрування крохмалю концентрованою (не менше 90%) нітратною кислотою з одержанням розчину нітрату крохмалю, його осадженні з розчину у водному середовищі з вмістом нітратної кислоти 40-55%, промивання осадженого нітрату крохмалю водою з температурою 90-95°C. Відпрацьована після промивки вода використовується для приготування осаджувального розчину шляхом змішування з 98%-овою нітратною кислотою. Сток відпрацьованого осаджувального середовища в таких умовах має достатню концентрацію нітратної для її подальшої регенерації за існуючими технологіями. Запропонована технологія одержання нітрату крохмалю дозволяє значно зменшити техногенне навантаження на довкілля у виробництві вибухових речовин.

**Висновки** в повній мірі відповідають поставленій меті та завданням дисертаційної роботи та чітко та логічно витікають з проведених наукових досліджень.

**Анотація** відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність та значущість роботи.

**Академічна доброчесність.** Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях дисертанта, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

**Оформлення дисертації** за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим МОН України, наказ № 40 від 12.11.2017 (затв. Наказом Міністерства освіти і науки України 12.01.2017 № 40 зі змінами внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019) та вимогами державного стандарту ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Мова і стиль викладання дисертації точно та чітко висвітлюють одержані науково-практичні результати.

**Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації:**

1. В дисертації зустрічаються несистемні одиниці вимірювань (г, °С, м<sup>3</sup>/кг тощо).
2. У тексті дисертації зустрічаються деякі орфографічні та стилістичні помилки та недоліки.
3. В тексті статті не наведено дані (аналітичні), які б підтвердили відсутність в отриманому продукті малостійких сульфатнокислотних естерів крохмалю. Бажано було б додати результати ІЧ спектроскопії для доведення вказаного факту або посилання на статтю в якій ці дані наведені.
4. Чому саме нітрат крохмалю? Можливо краще було б спрямувати зусилля та використати запропоновані дисертантом ідеї для удосконалення виробництв нітратів целюлози, які до речі мають широке застосування у сучасних системах озброєння?

Зазначені зауваження не знижують наукову цінність роботи та отриманих дисертантом результатів і не носять принципового характеру.



Дисертація є одноособово створеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить сукупність результатів та наукових положень, поданих автором для публічного захисту, має внутрішню єдність та свідчить про особистий внесок автора в науку.

Тематика досліджень повністю відповідає вимогам спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

### Загальні висновки

В цілому дисертаційна робота Тищенка Сергія Дмитровича «Зменшення техногенного навантаження на довкілля у виробництві вибухових речовин» є завершеною науковою працею, що спрямована на отримання нових науково обґрунтованих теоретичних та експериментальних результатів, які в сукупності є значними для поліпшення стану навколишнього природного середовища.

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. 6 «Порядку присудження ступеня доктор філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а дисертант – Тищенко Сергій Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, професор,  
професор кафедри хімічної техніки та  
промислової екології

Національного університету

«Харківський політехнічний  
інститут»

Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"  
Підпис: *В. Моїсєєв*  
Засвідчую:  
НАЧАЛЬНИК



Віктор Моїсєєв