

**COLLECTION OF RESEARCH PAPERS**

of the 8th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:  
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:  
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Шосткинський інститут Сумського державного університету  
Центральний науково-дослідний інститут  
озброєння та військової техніки збройних сил України  
Публічне акціонерне товариство «Фармак»  
Управління освіти Шосткинської міської ради  
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

## COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

### CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



## ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції  
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:  
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 27-29 листопада 2024 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2024

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., завідувач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Члени редакційної колегії:

Кравець В.Г. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н;

Тур О.М. – доцент кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.;

Пригара І.О. – ст. викладач кафедри економіки та управління, к.е.н.

Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 27 - 29 листопада 2024 року. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 242 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут  
Сумського державного університету, 2024  
© Сумський державний університет, 2024

## **ЕКСПРЕС-МЕТОД ОЦІНКИ ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ НІТРАТІВ ЦЕЛЮЛОЗИ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ**

**С.Д. Тищенко, В.А. Роботько**

Товариство з обмеженою відповідальністю  
«Науково-виробниче підприємство хімічних продуктів»  
ndikhp@ukroboronprom.com

Нітрати целюлози нині залишаються майже безальтернативною полімерною основою та енергетичним компонентом для великої кількості сучасних піроксилінових та баліститних порохів [1]. Нітрати целюлози, аналогічно до багатьох вибухових речовин нітратів є нестійкими сполуками [1-3], у порівнянні, наприклад, із нітросполуками ароматичного ряду (тринітротолуол, тринітробензол) та схильні до самовільного розкладання під час тривалого зберігання. Це пов'язано із наявністю в них домішок у вигляді залишків нітрувального середовища та продуктів побічних реакцій, що протікають під час нітрування целюлози [2,3] та є каталізаторами їх розкладання. Слід також враховувати низьку термічну стабільність нітроестерних зв'язків C-O-NO<sub>2</sub> та їх схильність до самовільного розпаду. До того ж хімічне розкладання нітратів целюлози має подвійну природу – вказану нітроестерну та полімерну, що пов'язана зі старінням їх полімерної основи, яке виражається через зменшення молекулярної маси та зміну молекулярно-масового розподілення полімеру [4,5].

Для визначення хімічної стійкості нітратів целюлози можна використовувати візуальні, візуально-індикаторні, гравіметричні та манометричні методи аналізу. Недоліками візуальних та візуально-індикаторних методів є неможливість відтворення результатів у зв'язку з суб'єктивними факторами та залежністю результату від досвіду виконавця. До них відносяться проба Абеля, В'єля та інші [6]. На адекватність даних одержаних гравіметричними методами значно впливає наявність вологи та легких речовин у зразку. Манометричні методи є найбільш точними, характеризуються відносною простотою, а до того ж є дуже інформативними, дозволяють відслідковувати процес розкладання в реальному часі. Сучасні інструментальні манометричні методи дослідження хімічної стійкості нітратів целюлози базуються на термічному розкладанні в інертному середовищі (вакуум) та в окисному середовищі (повітря). До останніх методів відносяться такі відомі й застосовувані методи як вакуум тест на стабільність [7] та манометричний метод визначення на вимірювально-обчислювальному комплексі «Вулкан» [8]. Недоліком цих методів є потреба у досить рідкісному та дорогому обладнанні, а також довготривалість проведення аналізу.

Зважаючи на викладене вище для розробки експрес-методу аналізу було використано метод термогравіметрії. Для цього проводили визначення хімічної стійкості партій нітратів целюлози за втратою маси та порівнювали їх із значеннями хімічної стійкості тих самих зразків за пробою Бергмана-Юнка. Швидкість процесу розкладання залежить від двох факторів: хімічної чистоти нітрату целюлози (вмісту малостійких домішок) та вмісту нітрогену. Отже на втрату маси зразків з приблизно однаковим вмістом нітрогену буде визначати лише кількість малостійких домішок та кислот і таким чином можна порівнювати їх хімічну стійкість.

За основу для розробки експрес-методу було взято методику визначення хімічної стійкості порохів за втратою маси за температури 90 °C впродовж 18 діб [9]. Критерієм хімічної стійкості за даним методом є втрата маси під час витримки не

більше 3 %, а також відсутність появи бурих парів оксидів нітрогену. Для аналізу допускається використовувати й інші температури, час витримки під час цього буде змінюватись.

#### Методика дослідження

Для дослідження хімічної стійкості використовували зразки штатних нітратів целюлози із вмістом нітрогену  $13,1 \pm 0,1\%$  та зразки експериментальних партій нітратів целюлози з низькою хімічною стійкістю.

Відомості про хімічну стійкість досліджених штатних зразків нітратів целюлози за пробою Бергмана-Юнка, взяті з їх сертифікатів відповідності наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічна стійкість штатних зразків нітратів целюлози

Назва зразка (номер партії)	Об'єм NO, мл/г
2024_0726/01 (зразок 1)	1,94
2024_0512/03 (зразок 2)	1,92
2024_0322/01 (зразок 3)	1,94
Норма	Не більше 2,2

Оцінку хімічної стійкості нітратів целюлози проводили шляхом визначення відсотку втрати маси зразка на синхронному термічному аналізаторі (дериватографі) Hitachi STA200. Аналіз проводили за постійної температури  $145,0 \pm 0,5$  °C (відповідає витримці 18 діб за температури 90 °C) за відсутності подачі газу для продувки зразка. Маса зразка нітроцелюлози складала 30 – 50 мг. Аналіз проводили в алюмінієвих тиглях діаметром 5,2 мм та висотою 5 мм.

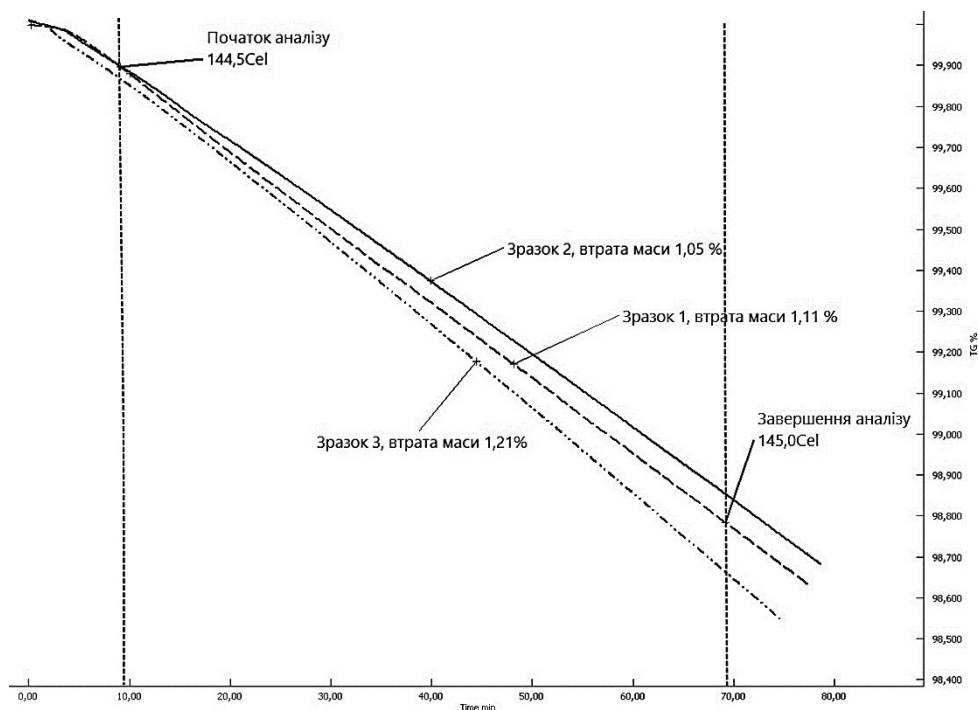


Рисунок 1 – Результати аналізу зразків штатних нітратів целюлози

Підготовка зразків полягала у їх пресуванні в таблетки, розрізанні на диски діаметром 5 мм, які потім зважували у тиглі, витримки за температури 110 °C до

стабілізації показника маси у печі дериватографа, що свідчило про видалення вологи. За початок аналізу вважали момент досягнення зразком температури 144,5 °С, тривалість аналізу 60 хвилин. Критерієм хімічної стійкості запропонована втрата маси під час витримки не більше 1,4 %.

### Результати дослідження

Результати оцінки хімічної стійкості зразків штатних партій нітратів целюлози (рис. 1) демонструють втрату маси в діапазоні від 1,05 до 1,21% за 60 хвилин. Всі проаналізовані зразки є хімічно стійкими із значним запасом стійкості відносно запропонованого показника. Втрата їх маси відбувається із майже постійною швидкістю навіть під час витримки протягом більше 2-х годин (автокаталіз відсутній), що свідчить про високий рівень їх очистки.

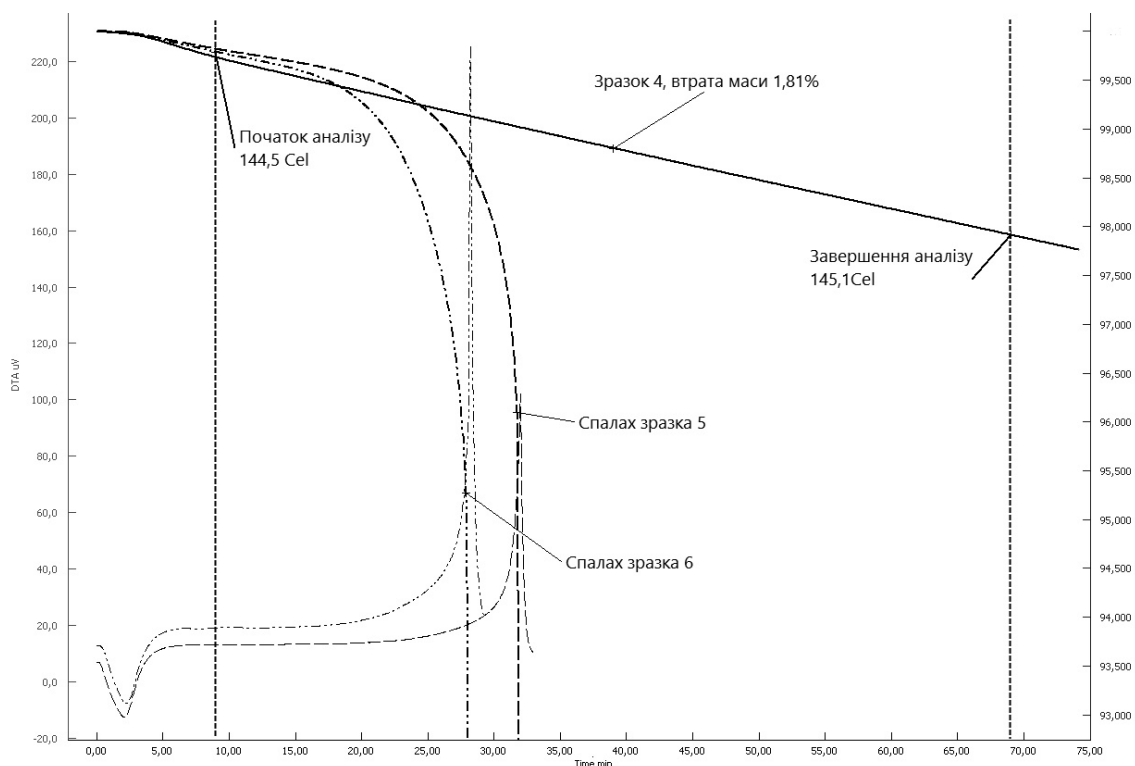


Рисунок 2 – Результати аналізу зразків експериментальних партій нітратів целюлози (тонкими лініями позначені ДТА криві відповідних зразків)

Результати оцінки хімічної стійкості експериментальних зразків нітратів целюлози за втратою маси протягом 60 хв (рис. 2) демонструють, що вони є значно менш хімічно стійкими у порівнянні зі штатними зразками. Найкращий з них показав втрату маси 1,81% (зразок 4) без автокаталітичного ефекту. Два останні зразки є найбільш небезпечними, їх розкладання супроводжувалося автокаталізом та переходило у спалах без значної залежності від маси наважки. Зразок 5 спалахнув через 19 хвилин після початку аналізу причому за повторення аналізу з меншою наважкою (30 мг) він також спалахує за 21,4 хв. Останній зразок (зразок 6) спалахує через 23 хвилини за наважки 50 мг, а за наважки 30 мг спалах відбувається через 24,5 хвилин після початку аналізу. Отримані результати показують, що маса наважки зразка в обраному діапазоні не впливає на результати аналізу та не значно впливає на час до моменту спалаху нестійких зразків.

## Висновки

Результати проведеного дослідження демонструють, що запропонована авторами методика дозволяє встановлювати хімічну стійкість нітратів целюлози. Представлена методика має високу точність, простоту використання, потребує мінімальну підготовку зразків та високу швидкість аналізу. В подальшому, автори вважають за потрібне провести порівняння отриманих результатів визначення хімічної стійкості нітратів целюлози з манометричним методом.

## Список літературних джерел

1. Cherif, M. F., Trache, D., Benaliouche, F., Tarchoun, A. F., Chelouche, S., Mezroua, A. Organosolv lignins as new stabilizers for cellulose nitrate: Thermal behavior and stability assessment // *International journal of biological macromolecules*. – 2020. – Vol 164. – P. 794-807.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.024>
2. Gańczyk-Specjalska, K. Conventional and alternative nitrocellulose stabilisers used in gun propellants // *Materiały Wysokoenergetyczne / High Energy Materials*. – 2019. – Vol 11, № (2). – P. 73-82.  
<https://doi.org/10.22211/matwys/0175>
3. Liu J. Nitrate esters chemistry and technology. – Beijing: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019. – 684 p.  
<https://doi.org/10.1007/978-981-13-6647-5>
4. Harmon, D. J., Jacobs, H. L. Degradation of natural rubber during mill mastication // *Journal of Applied Polymer Science*. – 1966. – Vol.10, № (2). – P. 253–257.
5. Доманцевич, Н. І., Яцишин, Б. П. Теоретичні аспекти процесів старіння полімерних матеріалів // *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. – 2022. – № 30. – С. 5–13.  
<https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-01>
6. Bohn M. A. Comparison of Surveillance Methods for Gun Propellants. Performances and Limitations // *Proceedings of the FINNEX 2002 seminar*, 9 – 11 September 2002, Kittilä, Levi, Lapland, Finland. – P. 104–143.
7. Fidanovski, B., Dimić, M., Milojković, A., & Rodić, V. Determination of chemical stability of propellants using the vacuum stability test method // *Scientific Technical Review*. – Vol. 66, № 1. – P. 18-22.
8. Мошковський М.С., Мосійчук С.Я., Князьський О.В. Сучасний стан та проблемні питання контролю якості артилерійських пострілів після тривалого зберігання і тих, що придбані за імпортом // V Міжнародна науково-практична конференція «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», 20-22 жовтня 2021 р., Шостка. – С. 30–39.
9. Bohn M.A. NC-based energetic materials – stability, decomposition, and ageing // *Presentation on the Meeting: “Nitrocellulose – Supply, Ageing and Characterization”*. – April 24 to 25, 2007. – AWE, Aldermaston, England. – 129 p.